

PCT/JP2004/000528

25. 2. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 15 APR 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 5月27日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-149827
[ST. 10/C]: [JP2003-149827]

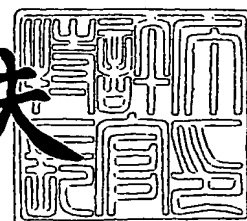
出 願 人
Applicant(s): 株式会社荏原製作所

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3027332

【書類名】 特許願

【整理番号】 EB3082P

【提出日】 平成15年 5月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 三島 浩二

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 中田 勉

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 倉科 敬一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 並木 計介

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【代表者】 依田 正稔

【代理人】

【識別番号】 100091498

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 めっき装置及びめっき方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板を保持する基板ステージと、

前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極とを備えたカソード部と、

前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、

前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入手段と、

前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧し該被めっき面から離間させる押圧離間機構と、

前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源とを有することを特徴とするめっき装置。

【請求項 2】 前記基板ステージで保持した基板と前記電極ヘッドとを相対移動させる相対移動機構を有することを特徴とする請求項 1 記載のめっき装置。

【請求項 3】 前記相対移動機構は、前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転させる回転機構からなることを特徴とする請求項 2 記載のめっき装置。

【請求項 4】 前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転するときに与えられる回転トルクを検出するトルクセンサを有することを特徴とする請求項 3 記載のめっき装置。

【請求項 5】 前記押圧離間機構は、ガス圧によって伸縮して前記多孔質体を前記基板に向けて押圧するエアバックを有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のめっき装置。

【請求項 6】 前記エアバックは、前記アノードまたは前記多孔質体と接触して該アノードまたは多孔質体を水平な状態で上下動させるように構成されていることを特徴とする請求項 5 記載のめっき装置。

【請求項 7】 前記多孔質体は、少なくとも 2 種類以上の多孔質材を積層した多層構造を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のめっき装置。

【請求項 8】 前記電極ヘッドは、前記アノード及び前記エアバックを内部に収納し、下端開口部を前記多孔質体で閉塞させたアノード室を区画形成するハウジングを有することを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれかに記載のめっき装置。

【請求項 9】 前記アノード室は、円筒形の形状をしていることを特徴とする請求項 8 記載のめっき装置。

【請求項 10】 前記ハウジングには、前記エアバックに連通するガス導入管、前記アノード室の内部にめっき液を導入するめっき液導入管、及び前記アノードに給電する給電ポートが取付けられていることを特徴とする請求項 8 または 9 記載のめっき装置。

【請求項 11】 前記押圧離間機構は、前記ハウジングを上下動させるエアバックを有することを特徴とする請求項 8 乃至 10 のいずれかに記載のめっき装置。

【請求項 12】 前記ハウジングまたは前記基板ステージを、上下、左右または円方向に振動させる加振機構を更に有することを特徴とする請求項 8 乃至 11 のいずれかに記載のめっき装置。

【請求項 13】 前記アノード室内のめっき液、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間のめっき液の液温を制御する温度制御機構を更に有することを特徴とする請求項 8 乃至 12 のいずれかに記載のめっき装置。

【請求項 14】 前記基板ステージは、該基板ステージの上面に載置した基板の周縁部裏面を吸着して基板を水平に保持するとともに、基板の裏面側を流体で加圧できるように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載のめっき装置。

【請求項 15】 前記基板ステージで保持した基板または前記多孔質体を加振させる加振機構を有することを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれかに記載

のめっき装置。

【請求項 16】 配線用の微細凹部を有する基板上にシード層を形成し、このシード層とアノードとの間にめっき液を満たしつつ通電してめっきを行い、前記微細凹部内に配線材料を充填するめっき方法であって、

前記シード層と前記アノードとの間に配置した保水性を有する多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧しつつ、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うことを特徴とするめっき方法。

【請求項 17】 前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うのに先だって、前記多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧しつつ、両者を相対移動させることを特徴とする請求項 16 記載のめっき方法。

【請求項 18】 プロセスの途中で、前記シード層と前記アノードとの間の通電を解き、前記多孔質体を前記シード層から離すことを特徴とする請求項 16 または 17 記載のめっき方法。

【請求項 19】 基板を搬出入する搬出入部と、
請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載のめっき装置と、
基板を洗浄し乾燥させる洗浄・乾燥装置と、
前記搬出入部、前記めっき装置及び前記洗浄・乾燥装置の間で基板を搬送する搬送装置を有することを特徴とする基板処理装置。

【請求項 20】 基板表面に前記めっき装置で成膜した不要な金属膜を研磨除去して平坦化させる研磨装置を更に有することを特徴とする請求項 19 記載の基板処理装置。

【請求項 21】 前記めっき装置で金属膜を成膜した基板を熱処理する熱処理装置を更に有することを特徴とする請求項 19 または 20 記載の基板処理装置。

【請求項 22】 基板の周縁部に付着乃至成膜した金属膜をエッチング除去するベベルエッチング装置を更に有することを特徴とする請求項 19 乃至 21 のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項 23】 前記めっき装置の前記アノードと前記カソード電極との間に電圧を印加した時の電圧値または電流値の少なくとも一方をモニタするモニタ

部を更に有することを特徴とする請求項 19 乃至 22 のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項 24】 基板表面に成膜した金属膜の膜厚を測定する膜厚測定器を更に有することを特徴とする請求項 19 乃至 23 のいずれかに記載の基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、めっき装置及びめっき方法に係り、特に半導体基板に形成された微細配線パターンに銅等の金属（配線材料）を埋込んで配線を形成するのに使用されるめっき装置及びめっき方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近、半導体基板上に、回路形状の配線溝（トレンチ）や微孔（ビアホール）等の配線用の微細凹部を形成し、銅めっきによりこれらを銅（配線材料）で埋め、残りの部分の銅層（めっき膜）を CMP 等の手段により除去して回路を形成することが行われている。この技術においては、回路形状の配線溝あるいは微孔の中に選択的に銅めっき膜が析出し、それ以外の部分では、銅めっき膜の析出が少ない方が後の CMP の負荷を減らす上で好ましい。従来、このような目的を達成するために、めっき液の浴組成や、使用する光沢剤などめっき液での工夫が行われている。

【0003】

一方、回路形状の配線溝等の中に選択的に銅めっき膜を析出させるための技術としては、多孔質体を半導体ウエハ等の基板に接触させ、また接触方向に相対的に動かしながらめっきを行うという方法が知られている。この技術で用いる多孔質体としては、PVA、多孔質テフロン（登録商標）、ポリプロピレン等を繊維状に編んだり、漉いて紙状に加工したりしたもの、あるいはゲル化シリコン酸化物や寒天質等の不定形物などが一般に使用される（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開 2000-232078

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、配線溝等のパターン部の内部に銅等の配線材料を完全に埋め込んで銅配線を形成するためには、パターン部以外にもかなりの厚さの銅層を形成し、パターン部以外に成膜された余剰の銅層をCMP法により除去する必要がある。このため、除去すべき銅の量が多い場合には、CMP時間が長くなり、コストアップに繋がってしまうばかりでなく、CMP後の基板の研磨面に面内不均一性があると、研磨後に残存する配線の深さが基板内で異なり、この結果、研磨時間が長くなればなる程、配線性能のCMPの性能に対する依存度が大きくなってしまふ。

【0006】

このような問題を解決するため、めっき液の浴組成や、使用する光沢剤等、めっき液での工夫が行われおり、これらによってある程度は目的が達成されるが、一定の限界があった。

【0007】

一方、多孔質体を基板に接触させ、また接触方向に相対的に動かしながらめっきを行うという方法にあっては、この多孔質体の表面粗さは、一般に数ミクロンから数百ミクロンであり、このような表面粗さを有する多孔質体は、表面粗さがサブミクロンから数ミクロンである半導体基板上の凹凸面を平坦化するには問題があるものであった。

【0008】

また、この技術では、多孔質体を接触させながら接触面に対して水平方向に相対的に移動（擦り）させることにより、めっき液の供給量を凹凸部で変え、平坦性の向上を試みているが、上述したような表面粗さにより思うような効果が得られ難いと言う問題があった。

【0009】

更に、多孔質体を接触させるための荷重を大きくし多孔質の空間部を押し潰す

ことにより、平坦性は向上すると考えられるが、その場合には、基板に非常に大きな荷重を掛ける必要があり、このため、low-k材などの柔らかい絶縁膜を対象とした場合には、膜が破壊されたり、まためっき表面にも傷が入りやすくなるなど実現化が困難であった。

【0010】

本発明は、上記事情に鑑みて為されたもので、回路形状の配線溝や微孔等の配線用の微細凹部の内部に選択的に銅層等の金属めっき膜を析出させることができるようにしためっき装置及びめっき方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、基板を保持する基板ステージと、前記基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部を水密的にシールするシール材と、該基板と接触して通電させるカソード電極とを備えたカソード部と、前記カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノードと保水性を有する多孔質体とを上下に備えた電極ヘッドと、前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入手段と、前記多孔質体を前記基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧し該被めっき面から離間させる押圧離間機構と、前記カソード電極と前記アノードとの間にめっき電圧を印加する電源とを有することを特徴とするめっき装置である。

【0012】

これにより、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧することで、多孔質体と基板の被めっき面の配線溝（トレンチ）等の配線用の微細凹部以外の部分（パターン部以外の部分）との間における隙間をできるだけ小さくし、この状態でめっきを行うとともに、プロセスの途中で多孔質体を基板ステージで保持した基板から離して、多孔質体と基板との間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）させ、再度めっきを行うことで、基板に設けた配線用の微細凹部の内部にめっき膜を選択的に効率よく析出させることができる。しかも、多孔質体を基板の被めっき面に押圧する圧力を任意に調整することで、基板の被めっき面や成膜中のめっき膜が多孔質体によってダメージを受けることを防

止することができる。

【0013】

請求項2に記載の発明は、前記基板ステージで保持した基板と前記電極ヘッドとを相対移動させる相対移動機構を有することを特徴とする請求項1記載のめっき装置である。

これにより、例えば、めっきに先だって、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧しつつ両者を相対移動させることで、多孔質体と基板との密着性を高めることができる。

【0014】

請求項3に記載の発明は、前記相対移動機構は、前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転させる回転機構からなることを特徴とする請求項2記載のめっき装置である。

【0015】

請求項4に記載の発明は、前記基板ステージまたは前記電極ヘッドの少なくとも一方を回転するときに与えられる回転トルクを検出するトルクセンサを有することを特徴とする請求項3記載のめっき装置である。

これにより、多孔質体を基板の被めっき面に押圧する際の圧力をトルクセンサを介して検知して、この圧力が過大となったり、不足してしまうことを防止することができる。

【0016】

請求項5に記載の発明は、前記押圧離間機構は、ガス圧によって伸縮して前記多孔質体を前記基板に向けて押圧するエアバックを有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のめっき装置である。

これにより、多孔質体を、エアバックを介して、その全面に亘ってより均一に基板に向けて押圧（加圧）して、基板の全面により均一な圧力で密着させることができる。

【0017】

請求項6に記載の発明は、前記エアバックは、前記アノードまたは前記多孔質体と接触して該アノードまたは多孔質体を水平な状態で上下動させるように構成

されていることを特徴とする請求項5記載のめっき装置である。

【0018】

請求項7に記載の発明は、前記多孔質体は、少なくとも2種類以上の多孔質材を積層した多層構造を有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のめっき装置である。

この多孔質体は、材料や構造等の観点から、例えば主にめっき液を保持する役割を果たすめっき液含浸材と、このめっき液含浸材の下面に取付けられた多孔質パッドから構成され、この多孔質パッドは、例えば基板に直接接触する下層パッドと、この下層パッドとめっき液含浸材との間に介装される上層パッドから構成される。このように、多孔質体を多層構造とすることで、例えば基板と接触する多孔質パッド（下層パッド）として、半導体基板上の凹凸面を平坦化するのに十分な平坦性を有するものを使用することが可能となる。

【0019】

請求項8に記載の発明は、前記電極ヘッドは、前記アノード及び前記エアバックを内部に収納し、下端開口部を前記多孔質体で閉塞させたアノード室を区画形成するハウジングを有することを特徴とする請求項5乃至7のいずれかに記載のめっき装置である。

これにより、アノード室内に収納したエアバックを介して、多孔質体を個別に下方に押圧することができる。

【0020】

請求項9に記載の発明は、前記アノード室は、円筒形の形状をしていることを特徴とする請求項8記載のめっき装置である。

請求項10に記載の発明は、前記ハウジングには、前記エアバックに連通するガス導入管、前記アノード室の内部にめっき液を導入するめっき液導入管、及び前記アノードに給電する給電ポートが取付けられていることを特徴とする請求項8または9記載のめっき装置である。

【0021】

請求項11に記載の発明は、前記押圧離間機構は、前記ハウジングを上下動させるエアバックを有することを特徴とする請求項8乃至10のいずれかに記載の

めっき装置である。

これにより、電極ヘッドを上下方向に移動不能に固定させた状態で、エアバックを介して、アノード室を区画形成するハウジングのみを相対的に上下動させることができる。

【0022】

請求項12に記載の発明は、前記ハウジングまたは前記基板ステージを、上下、左右または円方向に振動させる加振機構を更に有することを特徴とする請求項8乃至11のいずれかに記載のめっき装置である。

これにより、基板の被めっき面に多孔質体が接触していない状態で、ハウジングまたは基板ステージを、上下、左右または円方向に振動させることで、基板の表面（被めっき面）に設けられたシード層等の導電性膜の表面にめっき液を馴染ませることができる。

【0023】

請求項13に記載の発明は、前記アノード室内のめっき液、及び前記アノードと前記基板ステージで保持した基板の被めっき面との間のめっき液の液温を制御する温度制御機構を更に有することを特徴とする請求項8乃至12のいずれかに記載のめっき装置である。

これにより、めっき中におけるめっき液の液温を常に一定に保って、めっき液の液温の変化によって、金属膜（めっき膜）の膜厚や膜質が変化してしまうことを防止することができる。

【0024】

請求項14に記載の発明は、前記基板ステージは、該基板ステージの上面に載置した基板の周縁部裏面を吸着して基板を水平に保持するとともに、基板の裏面側を流体で加圧できるように構成されていることを特徴とする請求項1乃至13のいずれかに記載のめっき装置である。

これにより、基板ステージで保持した基板を該基板の裏面側から流体で加圧することで、基板をより水平な状態で維持して、多孔質体の下面に密着させることができる。

【0025】

請求項 15 に記載の発明は、前記基板ステージで保持した基板、または前記多孔質体を加振させる加振機構を有することを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれかに記載のめっき装置である。

これにより、例えば、めっきに先だって、多孔質体を基板ステージで保持した基板の被めっき面に任意の圧力で押圧して、基板または多孔質体の少なくとも一方を、超音波や加振器等で加振させることで、多孔質体と基板との密着性をより高めることができる。

【0026】

請求項 16 に記載の発明は、配線用の微細凹部を有する基板上にシード層を形成し、このシード層とアノードとの間にめっき液を満たしつつ通電してめっきを行い、前記微細凹部内に配線材料を充填するめっき方法であって、前記シード層と前記アノードとの間に配置した保水性を有する多孔質体を前記シード層に任意の圧力で押圧しつつ、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うことを特徴とするめっき方法である。

請求項 17 に記載の発明は、前記シード層と前記アノードとの間に通電してめっきを行うのに先だって、前記多孔質体と前記シード層とを任意の圧力で押圧しつつ、相対移動させることを特徴とする請求項 16 記載のめっき方法である。

【0027】

請求項 18 に記載の発明は、プロセスの途中で、前記シード層と前記アノードとの間の通電を解き、前記多孔質体を前記シード層から離すことを特徴とする請求項 16 または 17 記載のめっき方法である。

これにより、プロセスの途中で、多孔質体とシード層との間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）することができる。

【0028】

請求項 19 に記載の発明は、基板を搬出入する搬出入部と、請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載のめっき装置と、基板を洗浄し乾燥させる洗浄・乾燥装置と、前記搬出入部、前記めっき装置及び前記洗浄・乾燥装置の間で基板を搬送する搬送装置を有することを特徴とする基板処理装置である。

請求項 20 に記載の発明は、基板表面に前記めっき装置で成膜した不要な金属

膜を研磨除去し平坦化する研磨装置を更に有することを特徴とする請求項 19 記載の基板処理装置である。

【0029】

請求項 21 に記載の発明は、前記めっき装置で金属膜を成膜した基板を熱処理する熱処理装置を更に有することを特徴とする請求項 19 または 20 記載の基板処理装置である。

これにより、研磨装置で不要な金属膜を研磨除去する前に、基板に熱処理（アニール処理）を行うことで、この後の研磨装置での不要な金属膜の研磨除去処理や配線の電気特性に対して良い効果を示すようにすることができる。

【0030】

請求項 22 に記載の発明は、基板の周縁部に付着乃至成膜加工した金属膜をエッチング除去するベベルエッチング装置を更に有することを特徴とする請求項 19 乃至 21 のいずれかに記載の基板処理装置である。

これにより、例えば基板表面に埋込み用の金属膜を成膜し、洗浄装置で洗浄した直後に、基板のベベル部に成膜された金属膜をベベルエッチング装置でエッチングすることができる。

【0031】

請求項 23 に記載の発明は、前記めっき装置の前記アノードと前記カソード電極との間に電圧を印加した時の電圧値または電流値の少なくとも一方をモニタするモニタ部を更に有することを特徴とする請求項 19 乃至 22 のいずれかに記載の基板処理装置である。

これにより、めっき装置によるめっきの終点（エンドポイント）をモニタ部で検知し、フィードバックしてめっきを終了させることができる。

【0032】

請求項 24 に記載の発明は、基板表面に成膜した金属膜の膜厚を測定する膜厚測定器を更に有することを特徴とする請求項 19 乃至 23 のいずれかに記載の基板処理装置である。

これにより、基板表面の金属膜の膜厚を測定し、測定結果をフィードバックしてめっき時間を必要に応じて増減することで、所定の膜厚の金属膜を再現良く形

成ことができる。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。この実施の形態は、半導体ウエハ等の基板の表面に設けた配線用の微細凹部に、配線材料としての銅を埋込んで銅層からなる配線を形成するようにした例を示しているが、他の配線材料を使用しても良いことは勿論である。

【0034】

図1を参照して、半導体装置における銅配線形成例を説明する。図1(a)に示すように、半導体素子を形成した半導体基材1上の導電層1aの上に、例えばSiO₂からなる酸化膜やLow-K材膜等の絶縁膜2を堆積し、この絶縁膜2の内部に、例えばリソグラフィ・エッチング技術により、配線用の微細凹部としての微孔(ビアホール)3と配線溝(トレンチ)4を形成し、その上にTa₂N₅等からなるバリア層5、更にその上に電解めっきの給電層としてのシード層6をスパッタリング等により形成する。

【0035】

そして、図1(b)に示すように、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、基板Wの微孔3及び配線溝4内に銅を充填させるとともに、絶縁膜2上に銅層7を堆積させる。その後、化学機械的研磨(CMP)などにより、絶縁膜2上のバリア層5、シード層6及び銅層7を除去して、微孔3及び配線溝4内に充填させた銅層7の表面と絶縁膜2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図1(c)に示すように、絶縁膜2の内部にシード層6と銅層7からなる配線(銅配線)8を形成する。

【0036】

次に、図1(d)に示すように、基板Wの表面に無電解めっきを施し、配線8の表面に、Co合金やNi合金等からなる保護膜9を選択的に形成し、これによって、配線8の表面を保護膜9で覆って保護する。

【0037】

図2は、本発明の実施の形態におけるめっき装置を備えた基板処理装置の平面

図を示す。図2に示すように、この基板処理装置は、例えばスミフボックス等の内部に多数の半導体ウエハ等の基板を収納した搬送ボックス10を着脱自在な矩形状の装置フレーム12を備えている。この装置フレーム12の内部には、ロード・アンロードステーション14と、このロード・アンロードステーション14との間で基板を授受する走行自在な搬送ロボット16が備えられている。そして、搬送ロボット16を挟んで該搬送ロボット16の両側には、一对のめっき装置18が配置され、更に、搬送ロボット16を挟んで一方の側には、洗浄・乾燥装置20、ベベルエッチング・裏面洗浄装置22及び膜厚測定器24が直列に配置され、他方の側には、熱処理（アニール）装置26、前処理装置28、無電解めっき装置30及び研磨装置32が直列に配置されている。

【0038】

ここで、装置フレーム12には遮光処理が施され、これによって、この装置フレーム12内での以下の各工程を遮光状態で、つまり、配線に照明光等の光が当たることなく行えるようになっている。このように、配線に光を当たることを防止することで、例えば銅からなる配線に光が当たって光電位差が生じ、この光電位差によって配線が腐食してしまうことを防止することができる。

【0039】

図3は、めっき装置18の概要を示す。図3に示すように、めっき装置18は、水平方向に揺動自在な揺動アーム500を備え、この揺動アーム500の先端に電極ヘッド502が回転自在に支承されている。一方、電極ヘッド502の下方に位置して、表面（被めっき面）を上向きにして基板Wを保持する基板ステージ504が上下動自在に配置され、この基板ステージ504の上方には、該基板ステージ504の周縁部を囲繞するようにカソード部506が配置されている。なお、この例では、電極ヘッド502として、その径が基板ステージ504の径より僅かに小さい径を有するものを使用し、電極ヘッド502と基板ステージ504との相対位置を変化させることなく、基板ステージ504で保持した基板Wの表面（被めっき面）のほぼ全面に亘ってめっきを行えるようにした例を示している。

【0040】

基板ステージ504の上面の周縁部には、内部に設けた真空通路504aに連通するリング状の真空吸着溝504bが設けられ、この真空吸着溝504bを挟んだ内外の両側に、シールリング508、510が装着されている。更に、基板ステージ504の上面の内方に位置するシールリング508の内側には、加圧用凹部504cが設けられ、この加圧用凹部504cは、基板ステージ504の内部を延びる加圧流体通路504dに連通している。

【0041】

これにより、基板ステージ504の上面に基板Wを載置し、真空通路504aを介して真空吸着溝504b内を真空吸引することで、基板Wをその周縁部を吸着して保持し、更に加圧流体通路504dを介して加圧用凹部504c内に加圧空気等の加圧流体を供給し、基板Wをその裏面側から圧力P₅で加圧することで、基板Wをより水平な状態に維持して、下記のように、多孔質体528の下面に密着できるようになっている。

【0042】

なお、図示しないが、基板ステージ504には、基板ステージ504の温度を一定に制御する加熱装置（ヒータ）が内蔵されている。また、基板ステージ504は、図示しないエアシリンダ（図示せず）によって上下動し、図示しない回転モータ及びベルトを介して、任意の加速度及び速度でカソード部506と一体に回転するように構成されている。この時の回転トルクは、図示しないトルクセンサで検知される。そして、基板ステージ504が上昇した時に、基板ステージ504で保持された基板Wの周縁部に下記のカソード部506のシール材514とカソード電極512が当接するようになっている。

【0043】

揺動アーム500は、図示しないサーボモータからなる上下動モータとボールねじを介して上下動し、図示しない旋回モータを介して、旋回（揺動）するようになっているが、空気圧アクチュエータを使用しても良い。

【0044】

前記カソード部506は、この例では6分割されたカソード電極512と、このカソード電極512の上方を覆うように取付けた環状のシール材514とを有

している。シール材 514 は、その内周縁部が内方に向け下方に傾斜し、かつ徐々に薄肉となって、内周端部が下方に垂下するように構成されている。

【0045】

これにより、基板ステージ 504 が上昇した時に、この基板ステージ 504 で保持した基板 W の周縁部にカソード電極 512 が押付けられて通電し、同時にシール材 514 の内周端部が基板 W の周縁部上面に圧接し、ここを水密的にシールして、基板の上面（被めっき面）に供給されためっき液が基板 W の端部から染み出すのを防止するとともに、めっき液がカソード電極 512 を汚染することを防止するようになっている。

【0046】

なお、この例において、カソード部 506 は、上下動不能で基板ステージ 504 と一体に回転するようになっているが、上下動自在で、下降した時にシール材 514 が基板 W の被めっき面に圧接するように構成しても良い。

【0047】

前記電極ヘッド 502 は、共に下方に開口した有底円筒状で、同心状に配置した回転ハウジング 520 と上下動ハウジング 522 とを有している。そして、回転ハウジング 520 は、揺動アーム 500 の自由端に取付けた回転体 524 の下面に固着されて該回転体 524 と一体に回転するよう構成されている。一方、上下動ハウジング 522 は、その上部において、回転ハウジング 520 の内部に位置して該回転ハウジング 520 と一体に回転し、相対的に上下動するように構成されている。上下動ハウジング 522 は、下端開口部を多孔質体 528 で閉塞することで、内部に円板状のアノード 526 を配置し、内部に該アノード 526 を浸漬させるめっき液 Q を導入するアノード室 530 を区画形成している。

【0048】

この多孔質体 528 は、この例では、多孔質材を 3 層に積層した多層構造となっている。すなわち、多孔質体 528 は、主にめっき液を保持する役割を果たすめっき液含浸材 532 と、このめっき液含浸材 532 の下面に取付けられた多孔質パッド 534 から構成され、この多孔質パッド 534 は、基板 W に直接接触する下層パッド 534 a と、この下層パッド 534 a とめっき液含浸材 532 との

間に介装される上層パッド534bから構成されている。そして、めっき液含浸材532と上層パッド534bは、上下動ハウジング522の内部に位置し、下層パッド534aで上下動ハウジング522の下端開口部を閉塞するようになっている。

【0049】

このように、多孔質体528を多層構造とすることで、例えば基板と接触する多孔質パッド534（下層パッド534a）として、基板の被めっき面上の凹凸面を平坦化するのに十分な平坦性を有するものを使用することが可能となる。

【0050】

この下層パッド534aは、基板Wの表面（被めっき面）と接触する面（表面）の平坦性がある程度高く、めっき液が通過できる微細貫通穴を有し、少なくとも接触面が絶縁物もしくは絶縁性の高い物質で形成されていることが必要である。この下層パッド534aに要求される平坦性は、例えば、最大粗さ（RMS）が数十 μm 以下程度である。

【0051】

また、下層パッド534aに要求される微細貫通穴は、接触面での平坦性を保つために丸穴の貫通孔が好ましく、更に、微細貫通穴の穴径や単位面積当たりの個数などはめっきする膜質や配線パターンによって最適値が異なるが、両者とも小さい方が凹部内におけるめっき成長の選択性を向上させる上で好ましい。具体的な、微細貫通穴の穴径や単位面積当たりの個数としては、例えば、穴径30 μm 以下、好ましくは5～20 μm の微小貫通孔が、気孔率で50%以下の状態で存在すれば良い。

【0052】

更に、下層パッド534aは、ある程度の固さであることが好ましく、例えば、その引張り強度が5～100 kg/cm^2 、曲げ弾性強度が200～1000 kg/cm^2 程度であればよい。

【0053】

この下層パッド534aは、更に疎水性の材料であることが好ましく、このような材料の例としては、多孔ポリエチレン（PE）、多孔ポリプロピレン（PP

）、多孔ポリアミド、多孔ポリカーボネートまたは多孔ポリイミド等が挙げられる。このうち、多孔PE、多孔PP、多孔ポリアミド等は、超高分子のPE、PP、ポリアミド等の細かい粉を原料とし、これを押し固め、焼結成形することにより調製したものであり、フルダスS（三菱樹脂（株）製）、サンファインUF、サンファインAQ（ともに旭化成（株）製）、Spacy（スペイシーケミカル社製）等の商品名で市販されている。また、多孔ポリカーボネートは、例えば、ポリカーボネートフィルムにアクセラレーターで加速した高エネルギーの重金属（銅等）を貫通させ、これにより生成する直線上のトラック（軌跡）を選択的にエッチングすることにより調製されるものである。

【0054】

この下層パッド534aは、基板Wの表面と接触する面（表面）を圧縮加工、機械加工等により平坦化加工したものであっても良く、これにより、微小溝でのより高い優先析出が期待できる。

【0055】

一方、めっき液含浸材532は、アルミナ、SiC、ムライト、ジルコニア、チタニア、コージライト等の多孔質セラミックスまたはポリプロピレンやポリエチレンの焼結体等の硬質多孔質体、あるいはこれらの複合体、更には織布や不織布で構成される。例えば、アルミナ系セラミックスにあつては、ポア径30～200 μ m、SiCにあつては、ポア径30 μ m以下、気孔率20～95%、厚み1～20mm、好ましくは5～20mm、更に好ましくは8～15mm程度のものが使用される。この例では、例えば気孔率30%、平均ポア径100 μ mでアルミナ製の多孔質セラミックス板から構成されている。そして、この内部にめっき液を含有させることで、つまり多孔質セラミックス板自体は絶縁体であるが、この内部にめっき液を複雑に入り込ませ、厚さ方向にかなり長い経路を辿らせることで、めっき液の電気伝導率より小さい電気伝導率を有するように構成されている。

【0056】

このようにめっき液含浸材532をアノード室530内に配し、このめっき液含浸材532によって大きな抵抗を発生させることで、銅層7（図1参照）の抵

抗の影響を無視できる程度となし、基板Wの表面の電気抵抗による電流密度の面内差を小さくして、めっき膜の面内均一性を向上させることができる。

【0057】

電極ヘッド502には、基板ステージ504で保持した基板Wの表面（被めっき面）に下層パッド534aを任意の圧力で押圧し該表面から離間させる、この例では、3つのエアバックを有する押圧離間機構が備えられている。つまり、この例では、回転ハウジング520の天井壁の下面と上下動ハウジング522の天井壁の上面との間に、リング状の第1エアバック540が配置され、上下動ハウジング522の内部の該上下動ハウジング522の天井壁の下面とアノード526の上面との間に、リング状の第2エアバック542が配置されている。更に、上下動ハウジング522の中央部には、上方に突出して回転ハウジング520の上方に達する有底円筒体544が接続され、この有底円筒体544の天井壁の下面と回転ハウジング520の天井壁の上面との間に、円状の第3エアバック546が配置されている。なお、これらのエアバック540、542、546は、加圧流体導入管550、552、554を介して、加圧流体供給源（図示せず）に接続されている。これらのエアバック540、542、546によって、押圧離間機構が構成されている。

【0058】

つまり、揺動アーム500を所定の位置（プロセス位置）に上下動不能に固定した状態で、図3に示すように、第1エアバック540の内部を圧力 P_1 で、第2エアバック542の内部を圧力 P_2 で、第3エアバック546の内部を圧力 P_4 でそれぞれ加圧することで、基板ステージ504で保持した基板Wの表面（被めっき面）に下層パッド534aを任意の圧力で押圧する。そして、上記圧力 P_1 、 P_2 、 P_4 を大気圧に戻すことで、下層パッド534aを基板Wの表面から離間させる。これにより、第1エアバック540及び第3エアバック546を介して上下動ハウジング522をその水平方向の全面に亘ってより均一に押圧し、また第2エアバックを介して、アノード室530内のアノード526をその全面に亘ってより均一に押圧して、下層パッド534aをその全面に亘ってより均一に基板ステージ504で保持した基板Wの全面に密着させることができる。

【0059】

上下動ハウジング522には、この内部にめっき液を導入するめっき液導入管556と、加圧流体を導入する加圧流体導入管558が取付けられており、アノード526の内部には、多数の細孔526aが設けられている。これにより、めっき液Qは、めっき液導入管556からアノード室530内に導入され、アノード室530の内部を圧力 P_3 で加圧することで、アノード526の細孔526a内を通過してめっき液含浸材532の上面に達し、この内部から多孔質パッド534（上層パッド534b及び下層パッド534a）の内部を通過して、基板ステージ504で保持した基板Wの上面に達する。

【0060】

なお、アノード室530の内部は、化学反応により発生するガスも含み、このため、圧力が変化することがある。このため、アノード室530内の圧力 P_3 は、プロセス中のフィードバック制御によりある設定値にコントロールされるようになっている。

【0061】

ここで、アノード526は、例えば、銅めっきを行う場合にあっては、スライムの生成を抑制するため、含有量が0.03～0.05%のリンを含む銅（含リン銅）で構成されているが、白金、チタン等の不溶解性金属あるいは金属上に白金等をめっきした不溶解性電極であってもよく、交換等が不要なことから、不溶解性金属あるいは不溶解性電極であることが好ましい。更に、めっき液の流通のしやすさ等から、網状であってもよい。

【0062】

カソード電極512はめっき電源560の陰極に、アノード526はめっき電源560の陽極にそれぞれ電氣的に接続される。上下動ハウジング522には、めっき電源560に接続されてアノード526に給電するための給電ポート562が設けられている。

【0063】

次に、このめっき装置でめっきを行う時の操作について、図4を更に参照して説明する。

先ず、基板ステージ504の上面に基板Wを吸着保持した状態で、基板ステージ504を上昇させて、基板Wの周縁部をカソード電極512に接触させて通電可能な状態となし、更に上昇させて、基板Wの周縁部上面にシール材514を圧接させ、基板Wの周縁部を水密的にシールする。

【0064】

一方、電極ヘッド502にあっては、アイドリングを行ってめっき液の置換及び泡抜き等を行っている位置（アイドリング位置）から、めっき液Qを内部に保持した状態で、所定の位置（プロセス位置）に位置させる。つまり、揺動アーム500を一旦上昇させ、更に旋回させることで、電極ヘッド502を基板ステージ504の直上方位位置に位置させ、しかる後、下降させて所定の位置（プロセス位置）に達した時に停止させる。そして、アノード室530内を圧力 P_3 に加圧して、電極ヘッド502で保持しためっき液Qを多孔質パッド534の下面から吐出させる。

【0065】

次に、エアバック540、542、546内に加圧空気を導入し、同時に基板ステージ504の加圧用凹部504c内にも加圧空気を導入し、これによって、上下動ハウジング522を下降させて、更に下層パッド534aを下方に押付け、同時に基板ステージ504で保持した基板もこの裏面側から加圧して、下層パッド534aを基板の表面（被めっき面）に所定の圧力で押圧する。これにより、基板Wをより水平な状態に維持し、かつ基板の全面により均一な圧力で下層パッド534aを押圧することができる。

【0066】

この状態で、電極ヘッド502及び基板ステージ504を回転（自転）させる。これにより、めっきに先だって、下層パッド534aを基板ステージ504で保持した基板Wの被めっき面に任意の圧力で押圧しつつ、両者を相対移動させることで、下層パッド534aと基板Wとの密着性を高める。

【0067】

そして、電極ヘッド502及び基板ステージ504の回転を停止した後、カソード電極512をめっき電源560の陰極に、アノード526をめっき電源56

0の陽極にそれぞれ接続し、これによって、基板Wの被めっき面にめっきを施す。このように、下層パッド534aを基板ステージ504で保持した基板Wの被めっき面に任意の圧力で押圧し、しかも両者の密着性を高めた状態でめっきを行うことで、下層パッド534aと基板Wの被めっき面の配線溝（トレンチ）等の配線用の微細凹部以外の部分（パターン部以外の部分）との間における隙間をできるだけ小さくして、基板に設けた配線用の微細凹部の内部にめっき膜を選択的に析出させることができる。

【0068】

そして、所定時間めっきを継続した後、カソード電極512及びアノード526のめっき電源560との接続を解くとともに、アノード室530内を大気圧に戻し、更にエアバック540、542、546内を大気圧に戻して、下層パッド534aを基板Wから離す。これによって、下層パッド534aと基板Wとの間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）させる。

【0069】

次に、前述と同様に、エアバック540、542、546内に加圧流体を導入して下層パッド534aを基板に所定の圧力で押圧し、更にアノード室530内にも加圧流体を導入し、この状態で、電極ヘッド502及び基板ステージ504を回転させ、この回転を停止させた後、カソード電極512及びアノード526をめっき電源560に接続してめっきを行う。このように、プロセスの途中で下層パッド534aを基板ステージ504で保持した基板Wから離して、下層パッド534aと基板Wとの間のめっき液をリフレッシュ（入れ換え）させ、しかる後、再度めっきを行うことで、基板に設けた配線用の微細凹部の内部にめっき膜を選択的に効率よく析出させることができる。しかも、下層パッド534aを基板Wの被めっき面に押圧する圧力を任意に調整することで、基板Wの被めっき面や成膜中のめっき膜が下層パッド534aによってダメージを受けることを防止することができる。

【0070】

上記操作を必要に応じて複数回に亘って繰り返し（図4は、2回繰り返した状態を示している）、しかる後、エアバック540、542、546、基板ステ

ージ504の加圧用凹部504c、更にはアノード室530を大気圧に戻し、揺動アーム500を上昇させ、更に旋回させて電極ヘッド502を元の位置（アイドリング位置）に戻す。

【0071】

図5は、めっき液の組成や液温等を管理してめっき装置18に供給するめっき液管理供給システムを示す。図4に示すように、めっき装置18の電極ヘッド502を浸漬させてアイドリングを行うめっき液トレイ600が備えられ、このめっき液トレイ600は、めっき液排出管602を介してリザーバ604に接続されており、めっき液排出管602を通して排出されためっき液は、リザーバ604に入る。

【0072】

そして、このリザーバ604に入っためっき液は、ポンプ606の駆動に伴って、めっき液調整タンク608に入る。このめっき液調整タンク608には、温度コントローラ610や、サンプル液を取り出して分析するめっき液分析ユニット612が付設され、更に、めっき液分析ユニット612の分析によって不足する成分を補給する成分補給管614が接続されており、めっき液調整タンク608内のめっき液は、ポンプ616の駆動に伴って、めっき液供給管618に沿って流れ、フィルタ620を通過して、めっき液トレイ600に戻されるようになっている。

【0073】

このように、めっき液調整タンク608でめっき液の組成及び温度を一定に調整し、この調整しためっき液をめっき装置18の電極ヘッド502に供給して、該電極ヘッド502で保持することで、めっき装置18の電極ヘッド502に、常に一定の組成及び温度を有するめっき液を供給することができる。

【0074】

図6及び図7は、基板を洗浄（リンス）し乾燥させるようにした洗浄・乾燥装置20の一例を示す。つまり、この洗浄・乾燥装置20は、まず化学洗浄及び純水洗浄（リンス）を行い、その後、スピンドル回転により洗浄後の基板Wを完全乾燥させるようにした装置であり、基板Wのエッジ部を把持するクランプ機構4

20を備えた基板ステージ422と、このクランプ機構420の開閉を行う基板着脱用昇降プレート424とを備えている。

【0075】

基板ステージ422は、スピンドル回転用モータ（図示せず）の駆動に伴って高速回転するスピンドル426の上端に連結されている。また、クランプ機構420で把持した基板Wの周囲には、処理液の飛散を防止する洗浄カップ428が配置されており、この洗浄カップ428は図示しないシリンダの作動に伴って上下動するようになっている。

【0076】

また、洗浄・乾燥装置20は、クランプ機構420で把持した基板Wの表面に処理液を供給する薬液用ノズル430と、基板Wの裏面に純水を供給する複数の純水用ノズル432と、クランプ機構420で把持した基板Wの上方に配置された回転可能なペンシル型洗浄スポンジ434とを備えている。この洗浄スポンジ434は、水平方向に揺動可能な旋回アーム436の自由端に取付けられている。なお、洗浄・乾燥装置20の上部には、装置内にクリーンエアを導入するためのクリーンエア導入口438が設けられている。

【0077】

このような構成の洗浄・乾燥装置20においては、基板Wをクランプ機構420で把持して回転させ、旋回アーム436を旋回させながら、薬液用ノズル430から処理液を洗浄スポンジ434に向けて供給しつつ、基板Wの表面に洗浄スポンジ434を擦り付けることで、基板Wの表面の洗浄を行うようになっている。そして、純水用ノズル432から基板Wの裏面に純水が供給され、この純水用ノズル432から噴射される純水で基板Wの裏面も同時に洗浄（リンス）される。このようにして洗浄された基板Wは、スピンドル426を高速回転させることでスピン乾燥させられる。

【0078】

図8にベベルエッチング・裏面洗浄装置22の一例を示す。このベベルエッチング・裏面洗浄装置22は、基板のエッジ（ベベル）部に付着した銅層7（図1参照）のエッチングと裏面洗浄を同時に行い、しかも、基板表面に設けた回路形

成部における銅の自然酸化膜の成長を抑えるようにしたもので、有底円筒状の防水カバー 920 の内部に位置して基板 W をフェイスアップでその周縁部の円周方向に沿った複数箇所スピチャック 921 により水平に保持して高速回転させる基板ステージ 922 と、この基板ステージ 922 で保持された基板 W の表面側のほぼ中央部上方に配置されたセンタノズル 924 と、基板 W の周縁部の上方に配置されたエッジノズル 926 とを備えている。センタノズル 924 及びエッジノズル 926 は、それぞれ下向きで配置されている。また基板 W の裏面側のほぼ中央部の下方に位置して、バックノズル 928 が上向きで配置されている。前記エッジノズル 926 は、基板 W の直径方向及び高さ方向を移動自在に構成されている。

【0079】

このエッジノズル 926 の移動幅 L は、基板の外周端面から中心部方向に任意の位置決めが可能になっていて、基板 W の大きさや使用目的等に合わせて、設定値の入力を行う。通常、2 mm から 5 mm の範囲でエッジカット幅 C を設定し、裏面から表面への液の回り込み量が問題にならない回転数以上であれば、その設定されたカット幅 C 内の銅層等を除去することができる。

【0080】

次に、このベベルエッチング・裏面洗浄装置 22 による洗浄方法について説明する。まず、スピチャック 921 を介して基板を基板ステージ 922 で水平に保持した状態で、基板 W を基板ステージ 922 と一体に水平回転させる。この状態で、センタノズル 924 から基板 W の表面側の中央部に酸溶液を供給する。この酸溶液としては非酸化性の酸であればよく、例えばフッ酸、塩酸、硫酸、クエン酸、蔞酸等を用いる。一方、エッジノズル 926 から基板 W の周縁部に酸化剤溶液を連続的または間欠的に供給する。この酸化剤溶液としては、オゾン水、過酸化水素水、硝酸水、次亜塩素酸ナトリウム水等のいずれかを用いるか、またはそれらの組み合わせを用いる。

【0081】

これにより、基板 W の周縁部のエッジカット幅 C の領域では上面及び端面に成膜された銅層等は酸化剤溶液で急速に酸化され、同時にセンタノズル 924 から

供給されて基板の表面全面に広がる酸溶液によってエッチングされ溶解除去される。このように、基板周縁部で酸溶液と酸化剤溶液を混合させることで、予めそれらの混合水をノズルから供給するのに比べて急峻なエッチングプロフィールを得ることができる。このときそれらの濃度により銅のエッチングレートが決定される。また、基板の表面の回路形成部に銅の自然酸化膜が形成されていた場合、この自然酸化物は基板の回転に伴って基板の表面全面に亘って広がる酸溶液で直ちに除去されて成長することはない。なお、センタノズル 924 からの酸溶液の供給を停止した後、エッジノズル 926 からの酸化剤溶液の供給を停止することで、表面に露出しているシリコンを酸化して、銅の付着を抑制することができる。

【0082】

一方、バックノズル 928 から基板の裏面中央部に酸化剤溶液とシリコン酸化膜エッチング剤とを同時または交互に供給する。これにより基板 W の裏面側に金属状で付着している銅等を基板のシリコンごと酸化剤溶液で酸化しシリコン酸化膜エッチング剤でエッチングして除去することができる。なおこの酸化剤溶液としては表面に供給する酸化剤溶液と同じものにする方が薬品の種類を少なくする上で好ましい。またシリコン酸化膜エッチング剤としては、フッ酸を用いることができ、基板の表面側の酸溶液もフッ酸を用いると薬品の種類を少なくすることができる。これにより、酸化剤供給を先に停止すれば疎水面が得られ、エッチング剤溶液を先に停止すれば飽水面（親水面）が得られて、その後のプロセスの要求に応じた裏面に調整することもできる。

【0083】

このように酸溶液すなわちエッチング液を基板に供給して、基板 W の表面に残留する金属イオンを除去した後、更に純水を供給して、純水置換を行ってエッチング液を除去し、その後、スピン乾燥を行う。このようにして基板表面の周縁部のエッジカット幅 C 内の銅層の除去と裏面の銅汚染除去を同時に行って、この処理を、例えば 80 秒以内に完了させることができる。なお、エッジのエッジカット幅を任意（2 mm～5 mm）に設定することが可能であるが、エッチングに要する時間はカット幅に依存しない。

【0084】

図9及び図10は、熱処理（アニール）装置26を示す。この熱処理装置26は、基板Wを出し入れするゲート1000を有するチャンバ1002の内部に位置して、基板Wを、例えば400℃に加熱するホットプレート1004と、例えば冷却水を流して基板Wを冷却するクールプレート1006が上下に配置されている。また、クールプレート1006の内部を貫通して上下方向に延び、上端に基板Wを載置保持する複数の昇降ピン1008が昇降自在に配置されている。更に、アニール時に基板Wとホットプレート1004との間に酸化防止用のガスを導入するガス導入管1010と、該ガス導入管1010から導入され、基板Wとホットプレート1004との間を流れたガスを排気するガス排気管1012がホットプレート1004を挟んで互いに対峙する位置に配置されている。

【0085】

ガス導入管1010は、内部にフィルタ1014aを有するN₂ガス導入路1016内を流れるN₂ガスと、内部にフィルタ1014bを有するH₂ガス導入路1018内を流れるH₂ガスとを混合器1020で混合し、この混合器1020で混合したガスが流れる混合ガス導入路1022に接続されている。

【0086】

これにより、ゲート1000を通じてチャンバ1002の内部に搬入した基板Wを昇降ピン1008で保持し、昇降ピン1008を該昇降ピン1008で保持した基板Wとホットプレート1004との距離が、例えば0.1～1.0mm程度となるまで上昇させる。この状態で、ホットプレート1004を介して基板Wを、例えば400℃となるように加熱し、同時にガス導入管1010から酸化防止用のガスを導入して基板Wとホットプレート1004との間を流してガス排気管1012から排気する。これによって、酸化を防止しつつ基板Wをアニールし、このアニールを、例えば数十秒～60秒程度継続してアニールを終了する。基板の加熱温度は100～600℃が選択される。

【0087】

アニール終了後、昇降ピン1008を該昇降ピン1008で保持した基板Wとクールプレート1006との距離が、例えば0～0.5mm程度となるまで下降

させる。この状態で、クールプレート1006内に冷却水を導入することで、基板Wの温度が100℃以下となるまで、例えば10～60秒程度、基板を冷却し、この冷却終了後の基板を次工程に搬送する。

なお、この例では、酸化防止用のガスとして、N₂ガスと数%のH₂ガスを混合した混合ガスを流すようにしているが、N₂ガスのみを流すようにしてもよい。

【0088】

図11乃至図17は、基板の無電解めっきの前処理を行う前処理装置28を示す。この前処理装置28は、フレーム50の上部に取付けた固定枠52と、この固定枠52に対して相対的に上下動する移動枠54を備えており、この移動枠54に、下方に開口した有底円筒状のハウジング部56と基板ホルダ58とを有する処理ヘッド60が懸架支持されている。つまり、移動枠54には、ヘッド回転用サーボモータ62が取付けられ、このサーボモータ62の下方に延びる出力軸（中空軸）64の下端に処理ヘッド60のハウジング部56が連結されている。

【0089】

この出力軸64の内部には、図14に示すように、スプライン66を介して該出力軸64と一体に回転する鉛直軸68が挿着され、この鉛直軸68の下端に、ボールジョイント70を介して処理ヘッド60の基板ホルダ58が連結されている。この基板ホルダ58は、ハウジング部56の内部に位置している。また鉛直軸68の上端は、軸受72及びブラケットを介して、移動枠54に固定した固定リング昇降用シリンダ74に連結されている。これにより、この昇降用シリンダ74の作動に伴って、鉛直軸68が出力軸64とは独立に上下動するようになっている。

【0090】

また、固定枠52には、上下方向に延びて移動枠54の昇降の案内となるリニアガイド76が取付けられ、ヘッド昇降用シリンダ（図示せず）の作動に伴って、移動枠54がリニアガイド76を案内として昇降するようになっている。

【0091】

処理ヘッド60のハウジング部56の周壁には、この内部に基板Wを挿入する

基板挿入窓 56a が設けられている。また、処理ヘッド 60 のハウジング部 56 の下部には、図 15 及び図 16 に示すように、例えば PEEK 製のメインフレーム 80 と、例えばポリエチレン製のガイドフレーム 82 との間に周縁部を挟持されてシールリング 84a が配置されている。このシールリング 84a は、基板 W の下面の周縁部に当接し、ここをシールするためのものである。

【0092】

一方、基板ホルダ 58 の下面周縁部には、基板固定リング 86 が固着され、この基板ホルダ 58 の基板固定リング 86 の内部に配置したスプリング 88 の弾性を介して、円柱状のプッシャ 90 が基板固定リング 86 の下面から下方に突出するようになっている。更に、基板ホルダ 58 の上面とハウジング部 56 の上壁部との間には、内部を気密的にシールする、例えばテフロン（登録商標）製で屈曲自在な円筒状の蛇腹板 92 が配置されている。

【0093】

これにより、基板ホルダ 58 を上昇させた状態で、基板 W を基板挿入窓 56a からハウジング部 56 の内部に挿入する。すると、この基板 W は、ガイドフレーム 82 の内周面に設けたテーパ面 82a に案内され、位置決めされてシールリング 84a の上面の所定の位置に載置される。この状態で、基板ホルダ 58 を下降させ、この基板固定リング 86 のプッシャ 90 を基板 W の上面に接触させる。そして、基板ホルダ 58 を更に下降させることで、基板 W をスプリング 88 の弾性力で下方に押圧し、これによって基板 W の表面（下面）の周縁部にシールリング 84a で圧接させて、ここをシールしつつ、基板 W をハウジング部 56 と基板ホルダ 58 との間で挟持して保持するようになっている。

【0094】

なお、このように、基板 W を基板ホルダ 58 で保持した状態で、ヘッド回転用サーボモータ 62 を駆動すると、この出力軸 64 と該出力軸 64 の内部に挿着した鉛直軸 68 がスプライン 66 を介して一体に回転し、これによって、ハウジング部 56 と基板ホルダ 58 も一体に回転する。

【0095】

処理ヘッド 60 の下方に位置して、該処理ヘッド 60 の外径よりもやや大きい

内径を有する上方に開口した、外槽 100 a と内槽 100 b を有する処理槽 100 が備えられている。処理槽 100 の外周部には、蓋体 102 に取付けた一对の脚部 104 が回転自在に支承されている。更に、脚部 104 には、クランク 106 が一体に連結され、このクランク 106 の自由端は、蓋体移動用シリンダ 108 のロッド 110 に回転自在に連結されている。これにより、蓋体移動用シリンダ 108 の作動に伴って、蓋体 102 は、処理槽 100 の上端開口部を覆う処理位置と、側方の待避位置との間を移動するように構成されている。この蓋体 102 の表面（上面）には、下記のように、例えば還元力を有する電解イオン水を外方（上方）に向けて噴射する多数の噴射ノズル 112 a を有するノズル板 112 が備えられている。

【0096】

更に、図 17 に示すように、処理槽 100 の内槽 100 b の内部には、薬液タンク 120 から薬液ポンプ 122 の駆動に伴って供給された薬液を上方に向けて噴射する複数の噴射ノズル 124 a を有するノズル板 124 が、該噴射ノズル 124 a が内槽 100 b の横断面の全面に亘ってより均等に分布した状態で配置されている。この内槽 100 b の底面には、薬液（排液）を外部に排出する排水管 126 が接続されている。この排水管 126 の途中には、三方弁 128 が介装され、この三方弁 128 の一つの出口ポートに接続された戻り管 130 を介して、必要に応じて、この薬液（排液）を薬液タンク 120 に戻して再利用できるようになっている。更に、この例では、蓋体 102 の表面（上面）に設けられたノズル板 112 は、例えば純水等のリンス液を供給するリンス液供給源 132 に接続されている。また、外槽 100 a の底面にも、排水管 127 が接続されている。

【0097】

これにより、基板を保持した処理ヘッド 60 を下降させて、処理槽 100 の上端開口部を処理ヘッド 60 で塞ぐように覆い、この状態で、処理槽 100 の内槽 100 b の内部に配置したノズル板 124 の噴射ノズル 124 a から薬液を基板 W に向けて噴射することで、基板 W の下面（処理面）の全面に亘って薬液を均一に噴射し、しかも薬液の外部への飛散を防止しつつ薬液を排水管 126 から外部に排出できる。更に、処理ヘッド 60 を上昇させ、処理槽 100 の上端開口部を

蓋体102で閉塞した状態で、処理ヘッド60で保持した基板Wに向けて、蓋体102の上面に配置したノズル板112の噴射ノズル112aからリンス液を噴射することで、基板表面に残った薬液のリンス処理（洗浄処理）を行い、しかもこのリンス液は外槽100aと内槽100bの間を通過して、排水管127を介して排出されるので、内槽100bの内部に流入することが防止され、リンス液が薬液に混ざらないようになっている。

【0098】

この前処理装置28によれば、図11に示すように、処理ヘッド60を上昇させた状態で、この内部に基板Wを挿入して保持し、しかる後、図12に示すように、処理ヘッド60を下降させて処理槽100の上端開口部を覆う位置に位置させる。そして、処理ヘッド60を回転させて、処理ヘッド60で保持した基板Wを回転させながら、処理槽100の内部に配置したノズル板124の噴射ノズル124aから薬液を基板Wに向けて噴射することで、基板Wの全面に亘って薬液を均一に噴射する。また、処理ヘッド60を上昇させて所定位置で停止させ、図13に示すように、待避位置にあった蓋体102を処理槽100の上端開口部を覆う位置まで移動させる。そして、この状態で、処理ヘッド60で保持して回転させた基板Wに向けて、蓋体102の上面に配置したノズル板112の噴射ノズル112aからリンス液を噴射する。これにより、基板Wの薬液による処理と、リンス液によるリンス処理とを、2つの液体が混ざらないようにしながら行うことができる。

【0099】

なお、処理ヘッド60の下降位置を調整して、この処理ヘッド60で保持した基板Wとノズル板124との距離を調整することで、ノズル板124の噴射ノズル124aから噴射された薬液が基板Wに当たる領域や噴射圧を任意に調整することができる。ここで、薬液等の前処理液を循環させて使用すると、処理に伴って有効成分が減少するとともに、基板に付着することによる前処理液（薬液）の持ち出しがあるので、前処理液の組成を分析し、不足分を添加するための前処理液管理ユニット（図示せず）を併置することが好ましい。具体的には、清浄化に使われる薬液は、酸乃至アルカリが主体であるので、例えばpHを測定し、所定

の値との差から減少分を補給するとともに、薬液貯槽に設けた液面計により減少量を補給することができる。また、触媒液については、たとえば酸性のパラジウム溶液の場合には、pHにより酸の量を、また滴定法ないし比濁法によりパラジウムの量を測定し、同様にして減少量を補給することができる。

【0100】

図18乃至図24に無電解めっき装置30を示す。この無電解めっき装置30は、図1(d)に示す保護膜9を形成するためのものあり、めっき槽200(図22及び図24参照)と、このめっき槽200の上方に配置されて基板Wを着脱自在に保持する基板ヘッド204を有している。

【0101】

基板ヘッド204は、図18に詳細に示すように、ハウジング部230とヘッド部232とを有し、このヘッド部232は、吸着ヘッド234と該吸着ヘッド234の周囲を囲繞する基板受け236から主に構成されている。そして、ハウジング部230の内部には、基板回転用モータ238と基板受け駆動用シリンダ240が収納され、この基板回転用モータ238の出力軸(中空軸)242の上端はロータリジョイント244に、下端はヘッド部232の吸着ヘッド234にそれぞれ連結され、基板受け駆動用シリンダ240のロッドは、ヘッド部232の基板受け236に連結されている。更に、ハウジング部230の内部には、基板受け236の上昇を機械的に規制するストッパ246が設けられている。

【0102】

ここで、吸着ヘッド234と基板受け236との間には、同様なスプライン構造が採用され、基板受け駆動用シリンダ240の作動に伴って基板受け236は吸着ヘッド234と相対的に上下動するが、基板回転用モータ238の駆動によって出力軸242が回転すると、この出力軸242の回転に伴って、吸着ヘッド234と基板受け236が一体に回転するように構成されている。

【0103】

吸着ヘッド234の下面周縁部には、図19乃至図21に詳細に示すように、下面をシール面として基板Wを吸着保持する吸着リング250が押えリング251を介して取付けられ、この吸着リング250の下面に円周方向に連続させて設

けた凹状部 250a と吸着ヘッド 234 内を延びる真空ライン 252 とが吸着リング 250 に設けた連通孔 250b を介して互いに連通するようになっている。これにより、凹状部 250a 内を真空引きすることで、基板 W を吸着保持するのであり、このように、小さな幅（径方向）で円周状に真空引きして基板 W を保持することで、真空による基板 W への影響（たわみ等）を最小限に抑え、しかも吸着リング 250 をめっき液（処理液）中に浸すことで、基板 W の表面（下面）のみならず、エッジについても、全てめっき液に浸すことが可能となる。基板 W のリリースは、真空ライン 252 に N₂ を供給して行う。

【0104】

一方、基板受け 236 は、下方に開口した有底円筒状に形成され、その周壁には、基板 W を内部に挿入する基板挿入窓 236a が設けられ、下端には、内方に突出する円板状の爪部 254 が設けられている。更に、この爪部 254 の上部には、基板 W の案内となるテーパ面 256a を内周面に有する突起片 256 が備えられている。

【0105】

これにより、図 19 に示すように、基板受け 236 を下降させた状態で、基板 W を基板挿入窓 236a から基板受け 236 の内部に挿入する。すると、この基板 W は、突起片 256 のテーパ面 256a に案内され、位置決めされて爪部 254 の上面の所定位置に載置保持される。この状態で、基板受け 236 を上昇させ、図 20 に示すように、この基板受け 236 の爪部 254 上に載置保持した基板 W の上面を吸着ヘッド 234 の吸着リング 250 に当接させる。次に、真空ライン 252 を通して吸着リング 250 の凹状部 250a を真空引きすることで、基板 W の上面の周縁部を該吸着リング 250 の下面にシールしながら基板 W を吸着保持する。そして、めっき処理を行う際には、図 21 に示すように、基板受け 236 を数 mm 下降させ、基板 W を爪部 254 から離して、吸着リング 250 のみで吸着保持した状態となす。これにより、基板 W の表面（下面）の周縁部が、爪部 254 の存在によってめっきされなくなることを防止することができる。

【0106】

図 22 は、めっき槽 200 の詳細を示す。このめっき槽 200 は、底部におい

て、めっき液供給管 308 (図 27 参照) に接続され、周壁部にめっき液回収溝 260 が設けられている。めっき槽 200 の内部には、ここを上方に向かって流れるめっき液の流れを安定させる 2 枚の整流板 262, 264 が配置され、更に底部には、めっき槽 200 の内部に導入されるめっき液の液温を測定する温度測定器 266 が設置されている。また、めっき槽 200 の周壁外周面のめっき槽 200 で保持しためっき液の液面よりやや上方に位置して、直径方向のやや斜め上方に向けてめっき槽 200 の内部に、pH が 6 ~ 7.5 の中性液からなる停止液、例えば純水を噴射する噴射ノズル 268 が設置されている。これにより、めっき終了後、ヘッド部 232 で保持した基板 W をめっき液の液面よりやや上方まで引き上げて一旦停止させ、この状態で、基板 W に向けて噴射ノズル 268 から純水 (停止液) を噴射して基板 W を直ちに冷却し、これによって、基板 W に残っためっき液によってめっきが進行してしまうことを防止することができる。

【0107】

更に、めっき槽 200 の上端開口部には、アイドリング時等のめっき処理の行われていない時に、めっき槽 200 の上端開口部を閉じて該めっき槽 200 からのめっき液の無駄な蒸発を防止するめっき槽カバー 270 が開閉自在に設置されている。

【0108】

このめっき槽 200 は、図 24 に示すように、底部において、めっき液貯槽 302 から延び、途中にめっき液供給ポンプ 304 と三方弁 306 とを介装しためっき液供給管 308 に接続されている。これにより、めっき処理中にあっては、めっき槽 200 の内部に、この底部からめっき液を供給し、溢れるめっき液をめっき液回収溝 260 からめっき液貯槽 302 へ回収することで、めっき液が循環できるようになっている。また、三方弁 306 の一つの出口ポートには、めっき液貯槽 302 に戻るめっき液戻り管 312 が接続されている。これにより、めっき待機時にあっても、めっき液を循環させることができるようになっており、これによって、めっき液循環系が構成されている。このように、めっき液循環系を介して、めっき液貯槽 302 内のめっき液を常時循環させることにより、単純にめっき液を貯めておく場合に比べてめっき液の濃度の低下率を減少させ、基板 W

の処理可能数を増大させることができる。

【0109】

特に、この例では、めっき液供給ポンプ304を制御することで、めっき待機時及びめっき処理時に循環するめっき液の流量を個別に設定できるようになっている。すなわち、めっき待機時のめっき液の循環流量は、例えば2～20 L/minで、めっき処理時のめっき液の循環流量は、例えば0～10 L/minに設定される。これにより、めっき待機時にめっき液の大きな循環流量を確保して、セル内のめっき浴の液温を一定に維持し、めっき処理時には、めっき液の循環流量を小さくして、より均一な膜厚の保護膜（めっき膜）を成膜することができる。

【0110】

めっき槽200の底部付近に設けられた温度測定器266は、めっき槽200の内部に導入されるめっき液の液温を測定して、この測定結果を元に、下記のヒータ316及び流量計318を制御する。

【0111】

つまり、この例では、別置きのヒータ316を使用して昇温させ流量計318を通過させた水を熱媒体に使用し、熱交換器320をめっき液貯槽302内のめっき液中に設置して該めっき液を間接的に加熱する加熱装置322と、めっき液貯槽302内のめっき液を循環させて攪拌する攪拌ポンプ324が備えられている。これは、めっきにあつては、めっき液を高温（約80℃程度）にして使用することがあり、これと対応するためであり、この方法によれば、インライン・ヒーティング方式に比べ、非常にデリケートなめっき液に不要物等が混入するのを防止することができる。

【0112】

図23は、めっき槽200の側方に付設されている洗浄槽202の詳細を示す。この洗浄槽202の底部には、純水等のリンス液を上方に向けて噴射する複数の噴射ノズル280がノズル板282に取付けられて配置され、このノズル板282は、ノズル上下軸284の上端に連結されている。更に、このノズル上下軸284は、ノズル位置調整用ねじ287と該ねじ287と螺合するナット288

との螺合位置を変えることで上下動し、これによって、噴射ノズル 280 と該噴射ノズル 280 の上方に配置される基板 W との距離を最適に調整できるようになっている。

【0113】

更に、洗浄槽 202 の周壁外周面の噴射ノズル 280 より上方に位置して、直径方向のやや斜め下方に向けて洗浄槽 202 の内部に純水等の洗浄液を噴射して、基板ヘッド 204 のヘッド部 232 の、少なくともめっき液に接液する部分に洗浄液を吹き付けるヘッド洗浄ノズル 286 が設置されている。

【0114】

この洗浄槽 202 にあっては、基板ヘッド 204 のヘッド部 232 で保持した基板 W を洗浄槽 202 内の所定の位置に配置し、噴射ノズル 280 から純水等の洗浄液（リンス液）を噴射して基板 W を洗浄（リンス）するのであり、この時、ヘッド洗浄ノズル 286 から純水等の洗浄液を同時に噴射して、基板ヘッド 204 のヘッド部 232 の、少なくともめっき液に接液する部分を該洗浄液で洗浄することで、めっき液に浸された部分に析出物が蓄積してしまうことを防止することができる。

【0115】

この無電解めっき装置 30 にあっては、基板ヘッド 204 を上昇させた位置で、前述のようにして、基板ヘッド 204 のヘッド部 232 で基板 W を吸着保持し、めっき槽 200 のめっき液を循環させておく。

そして、めっき処理を行うときには、めっき槽 200 のめっき槽カバー 270 を開き、基板ヘッド 204 を回転させながら下降させ、ヘッド部 232 で保持した基板 W をめっき槽 200 内のめっき液に浸漬させる。

【0116】

そして、基板 W を所定時間めっき液中に浸漬させた後、基板ヘッド 204 を上昇させて、基板 W をめっき槽 200 内のめっき液から引き上げ、必要に応じて、前述のように、基板 W に向けて噴射ノズル 268 から純水（停止液）を噴射して基板 W を直ちに冷却し、更に基板ヘッド 204 を上昇させて基板 W をめっき槽 200 の上方位置まで引き上げて、基板ヘッド 204 の回転を停止させる。

【0117】

次に、基板ヘッド204のヘッド部232で基板Wを吸着保持したまま、基板ヘッド204を洗浄槽202の直上方位置に移動させる。そして、基板ヘッド204を回転させながら洗浄槽202内の所定の位置まで下降させ、噴射ノズル280から純水等の洗浄液（リンス液）を噴射して基板Wを洗浄（リンス）し、同時に、ヘッド洗浄ノズル286から純水等の洗浄液を噴射して、基板ヘッド204のヘッド部232の、少なくともめっき液に接液する部分を該洗浄液で洗浄する。

【0118】

この基板Wの洗浄が終了した後、基板ヘッド204の回転を停止させ、基板ヘッド204を上昇させて基板Wを洗浄槽202の上方位置まで引き上げ、更に基板ヘッド204を搬送ロボット16との受渡し位置まで移動させ、この搬送ロボット16に基板Wを受渡して次工程に搬送する。

【0119】

この無電解めっき装置30には、図24に示すように、無電解めっき装置30が保有するめっき液の液量を計測するとともに、例えば吸光光度法、滴定法、電気化学的測定などでめっき液の組成を分析し、めっき液中の不足する成分を補給するめっき液管理ユニット330が備えられている。そして、これらの分析結果を信号処理してめっき液中の不足する成分を、図示しない補給槽から定量ポンプなどを使ってめっき液貯槽302へ補給してめっき液の液量と組成を管理するようになり、これによって、薄膜めっきを再現性良く実現できる。

【0120】

このめっき液管理ユニット330は、無電解めっき装置30が保有するめっき液の溶存酸素を、例えば電気化学的方法等により測定する溶存酸素濃度計332を有しており、この溶存酸素濃度計332の指示により、例えば脱気、窒素吹き込みその他の方法でめっき液中の溶存酸素濃度を一定に管理することができるようになっている。このように、めっき液中の溶存酸素濃度を一定に管理することで、めっき反応を再現性良く実現することができる。

【0121】

なお、めっき液を繰り返し利用すると、外部からの持ち込みやそれ自身の分解によってある特定成分が蓄積し、めっきの再現性や膜質の劣化につながる可能性がある。このような特定成分を選択的に除去する機構を追加することにより、液寿命の延長と再現性の向上を図ることができる。

【0122】

図25は、研磨装置（CMP装置）32の一例を示す。この研磨装置32は、上面に研磨布（研磨パッド）820を貼付して研磨面を構成する研磨テーブル822と、基板Wをその被研磨面を研磨テーブル822に向けて保持するトップリング824とを備えている。そして、研磨テーブル822とトップリング824とをそれぞれ自転させ、研磨テーブル822の上方に設置された砥液ノズル826より砥液を供給しつつ、トップリング824により基板Wを一定の圧力で研磨テーブル822の研磨布820に押圧することで、基板Wの表面を研磨するようになっている。なお、研磨パッドとして、予め砥粒を入れた固定砥粒方式を採用したものを使用してもよい。

【0123】

このようなCMP装置を用いて研磨作業を継続すると研磨布820の研磨面の研磨力が低下するが、この研磨力を回復させるために、ドレッサー828を設け、このドレッサー828によって、研磨する基板Wの交換時などに研磨布820の目立て（ドレッシング）が行われている。このドレッシング処理においては、ドレッサー828のドレッシング面（ドレッシング部材）を研磨テーブル822の研磨布820に押圧しつつ、これらを自転させることで、研磨面に付着した砥液や切削屑を除去すると共に、研磨面の平坦化及び目立てが行われ、研磨面が再生される。また、研磨テーブル822に基板の表面の状態を監視するモニタを取付け、その場（In-situ）で研磨の終点（エンドポイント）を検出してもよく、またその場（In-situ）で基板の仕上がり状態を検査するモニタを取付けてもよい。

【0124】

図26及び図27は、反転機を備えた膜厚測定器24を示す。同図に示すように、この膜厚測定器24は反転機339を備え、この反転機339は、反転アー

ム 353, 353 を備えている。この反転アーム 353, 353 は、基板 W の外周をその左右両側から挟み込んで保持し、これを 180° 回転することで反転させる機能を有する。そしてこの反転アーム 353, 353 (反転ステージ) の直下に円形の取付け台 355 を設置し、取付け台 355 上に複数の膜厚センサ S を設置する。取付け台 355 は駆動機構 357 によって上下動自在に構成されている。

【0125】

そして基板 W の反転時には、取付け台 355 は、基板 W の下方の実線の位置に待機しており、反転の前又は後に点線で示す位置まで上昇して膜厚センサ S を反転アーム 353, 353 に把持した基板 W に接近させ、その膜厚を測定する。

【0126】

この例によれば、搬送ロボットのアームなどの制約がないため、取付け台 355 上の任意の位置に膜厚センサ S を設置できる。また、取付け台 355 は上下動自在な構成となっているので、測定時に基板 W とセンサ間の距離を調整することも可能である。また、検出目的に応じた複数の種類のセンサを取付けて、各々のセンサの測定毎に基板 W と各センサ間の距離を変更することも可能である。但し取付け台 355 が上下動するため、測定時間をやや要することになる。

【0127】

ここで、膜厚センサ S として、例えば渦電流センサが使用される。渦電流センサは渦電流を発生させ、基板 W を導通して帰ってきた電流の周波数や損失を検出することにより膜厚を測定するものであり、非接触で用いられる。更に膜厚センサ S としては、光学的センサも好適である。光学的センサは、試料に光を照射し、反射する光の情報から膜厚を直接的に測定することができるものであり、金属膜だけでなく酸化膜などの絶縁膜の膜厚測定も可能である。膜厚センサ S の設置位置は図示のものに限定されず、測定したい箇所に任意の個数を取付ける。

【0128】

次に、このように構成された基板処理装置によって、図 1 (a) に示す、シード層 6 を形成した基板に銅配線を形成する一連の処理を、図 28 を更に参照して説明する。

【0129】

先ず、表面にシード層 6 を形成した基板 W を搬送ボックス 10 から一枚ずつ取出し、ロード・アンロードステーション 14 に搬入する。そして、このロード・アンロードステーション 14 に搬入した基板 W を搬送ロボット 16 で膜厚測定器 24 に搬送し、この膜厚測定器 24 でイニシャル膜厚（シード層 6 の膜厚）を測定し、しかる後、必要に応じて、基板を反転させてめっき装置 18 に搬送し、このめっき装置 18 で、図 1（b）に示すように、基板 W の表面に銅層 7 を堆積させて、銅の埋込みを行う。

【0130】

そして、この銅層 7 を形成した基板を、搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥装置 20 に搬送して、基板 W の純水による洗浄を行ってスピン乾燥させるか、またはめっき装置 18 にスピン乾燥機能が備えられている場合には、このめっき装置 18 で基板 W のスピン乾燥（液切り）を行って、この乾燥後の基板をベベルエッチング・裏面洗浄装置 22 に搬送する。

【0131】

このベベルエッチング・裏面洗浄装置 22 では、基板 W のベベル（エッジ）部に付着した不要な銅をエッチング除去すると同時に、基板の裏面を純水等で洗浄し、しかる後、前述と同様に、搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥装置 20 に搬送して、基板 W の純水による洗浄を行ってスピン乾燥させるか、またはベベルエッチング・裏面洗浄装置 22 にスピン乾燥機能が備えられている場合には、このベベルエッチング・裏面洗浄装置 22 で基板 W のスピン乾燥を行って、この乾燥後の基板を、搬送ロボット 16 で熱処理装置 26 に搬送する。

【0132】

この熱処理装置 26 で基板 W の熱処理（アニール）を行う。そして、この熱処理後の基板 W を搬送ロボット 16 で膜厚測定器 24 に搬送し、ここで銅の膜厚を測定し、この測定結果と前述のイニシャル膜厚の測定結果との差から、銅層 7（図 1（b）参照）の膜厚を求め、この測定後の膜厚によって、例えば次に基板に対するめっき時間を調整し、また膜厚が不足する場合には、再度めっきによる銅の追加の成膜を行う。そして、この膜厚測定後の基板 W を、搬送ロボット 16 に

より研磨装置 32 に搬送する。

【0133】

この研磨装置 32 で、図 1 (c) に示すように、基板 W の表面に堆積した不要な銅層 7 及びシード層 6 を研磨除去して、基板 W の表面を平坦化する。この時、例えば、膜厚や基板の仕上がり具合をモニタで検査し、このモニタで終点（エンドポイント）を検知した時に、研磨を終了する。そして、この研磨後の基板 W を搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥装置 20 に搬送し、この洗浄・乾燥装置 20 で基板表面を薬液で洗浄し、更に純水で洗浄（リンス）した後、高速回転させてスピンド乾燥させる。そして、このスピンド乾燥後の基板 W を搬送ロボット 16 で前処理装置 28 に搬送する。

【0134】

この前処理装置 28 で、例えば基板表面への Pd 触媒の付着や、基板の露出表面に付着した酸化膜の除去等の少なくとも一方のめっき前処理を行う。そして、このめっき前処理後の基板を、前述のように、搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥装置 20 に搬送して、基板 W の純水による洗浄を行ってスピンド乾燥させるか、または前処理装置 28 にスピンド乾燥機能が備えられている場合には、この前処理装置 28 で基板 W のスピンド乾燥（液切り）を行って、この乾燥後の基板を搬送ロボット 16 で無電解めっき装置 30 に搬送する。

【0135】

この無電解めっき装置 30 で、図 1 (d) に示すように、露出した配線 8 の表面に、例えば無電解 Co-W-P めっきを施して、配線 8 の外部への露出表面に、Co-W-P 合金膜からなる保護膜（めっき膜）9 を選択的に形成して配線 8 を保護する。この保護膜 9 の膜厚は、0.1～500 nm、好ましくは、1～200 nm、更に好ましくは、10～100 nm 程度である。この時、例えば、保護膜 9 の膜厚をモニタして、この膜厚が所定の値に達した時、つまり終点（エンドポイント）を検知した時に、無電解めっきを終了する。

【0136】

そして、無電解めっきが終了した基板を、搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥装置 20 に搬送し、この洗浄・乾燥装置 20 で基板表面を薬液で洗浄し、更に純水で

洗浄（リンス）した後、高速回転させてスピン乾燥させる。そして、このスピン乾燥後の基板Wを搬送ロボット16でロード・アンロードステーション14を経由して搬送ボックス10内に戻す。

【0137】

図29は、本発明の他の実施の形態のめっき装置を示す。この実施の形態のめっき装置の図3に示すものと異なる点は、基板ステージ504として、その表面に平坦化した基板載置面504eを設けたものを使用して、この基板載置面504eの表面に基板Wを直接当接させて載置保持するようにした点にある。その他の構成は、図3に示すものと同様である。

【0138】

図30は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置を示す。この実施の形態のめっき装置の図3に示すものと異なる点は、基板ステージ504として、その表面に凹部504fを形成し、この凹部504f内にバッキングフィルム564を貼着したものを使用し、このバッキングフィルム564の表面に基板Wを当接させて載置保持するようにした点である。その他の構成は、図3に示すものと同様である。

【0139】

図31は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置を示す。この実施の形態のめっき装置の図30に示すものと異なる点は、電極ヘッド502として、その径が基板ステージ504の径と比較して小径のものを使用した点にある。この例にあっては、電極ヘッド502の径が基板ステージ504の径に比較して小径であるため、電極ヘッド502と基板ステージ504を固定した状態でめっきを行うと、基板ステージ504で保持した基板Wの全面に亘ってめっきを行うことができない。そこで、この例にあっては、カソード電極512及びアノード526をめっき電源560に接続してめっきを行う際に、揺動アーム500を介して電極ヘッド502を揺動させ、同時の電極ヘッド502または基板ステージ504の少なくとも一方を回転させるようにしている。その他の構成は、図3に示すものと同様である。

【0140】

図32は、本発明の更に他の実施の形態のめっき装置を示す。この実施の形態の図31に示す実施の形態と異なる点は、揺動アーム500の自由端に、回転自在で、かつ揺動アーム500とは独立に上下動することで押圧離間機構としての役割を果たす駆動体580を取付けている。そして、この駆動体580と、内部にアノード526を収納し、下端開口を多孔質体528で閉塞してアノード室530を区画形成した上下動ハウジング522とを、該上下動ハウジング522内に配置した支持体582を介して、ボールベアリング584で連結し、駆動体580の上下動に伴って、このボールベアリング584を介して、荷重を一点に集中して上下動ハウジング522を押圧するようにした点にある。

【0141】

この例では、駆動体580にフランジ580aを、支持体582にストッパとしての役割を果たすフランジ582aをそれぞれ設けている。そして、駆動体580のフランジ580aに、圧縮コイルばね586で弾性力を付与した状態で下方に突出するストッパピン588を取付け、このストッパピン588の下端を支持体582のフランジ（ストッパ）582aに弾性的に当接させることで、支持体582及び上下動ハウジング522を水平に維持するようにしている。その他の構成は、図3に示すものと同様である。

【0142】

なお、この例は、配線材料として、銅を使用した例を示しているが、この銅の他に、銅合金、銀及び銀合金等を使用しても良い。

【0143】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、配線溝（トレンチ）や微孔（ビアホール）の内部に優先的にめっきを行って配線材料（金属膜）を埋込むことで、めっき後の表面の平坦性を向上させることができる。これによって、CMPのような凸部の選択的エッチングプロセスの負荷を削減または省略して、コスト削減のみならず、ディッシングやオキサイドエロージョン等のCMP特有の問題も解決することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

半導体装置における配線形成例を工程順に示す図である。

【図 2】

本発明の実施の形態のめっき装置を備えた基板処理装置の平面図である。

【図 3】

図 2 に示すめっき装置の要部を示す概要図である。

【図 4】

図 3 に示すめっき装置における電極ヘッドの動作の説明に付するタイムチャートである。

【図 5】

めっき液管理供給システムの一例を示す系統図である。

【図 6】

図 3 に示す洗浄・乾燥装置の一例を示す縦断正面図である。

【図 7】

同じく、平面図である。

【図 8】

図 3 に示すベベルエッチング・裏面洗浄装置の一例を示す概略図である。

【図 9】

図 3 に示す熱処理装置の一例を示す縦断正面図である。

【図 10】

同じく、平断面図である。

【図 11】

図 3 に示す前処理装置の基板受渡し時における正面図である。

【図 12】

同じく、薬液処理時における正面図である。

【図 13】

同じく、リンス時における正面図である。

【図 14】

同じく、基板受渡し時における処理ヘッドを示す断面図である。

【図 15】

同じく、図 14 の A 部拡大図である。

【図 16】

同じく、基板固定時における図 15 相当図である。

【図 17】

同じく、系統図である。

【図 18】

図 3 に示す無電解めっき装置の基板受渡し時における基板ヘッドを示す断面図である。

【図 19】

同じく、図 18 の B 部拡大図である。

【図 20】

同じく、基板固定時における基板ヘッドを示す図 19 相当図である。

【図 21】

同じく、めっき処理時における基板ヘッドを示す図 19 相当図である。

【図 22】

同じく、めっき槽カバーを閉じた時のめっき槽を示す一部切断の正面図である。

。

【図 23】

同じく、洗浄槽を示す断面図である。

【図 24】

同じく、系統図である。

【図 25】

図 3 に示す研磨装置の一例を示す概要図である。

【図 26】

図 3 に示す膜厚測定器における反転機付近の概略正面図である。

【図 27】

同じく、反転アーム部分の平面図である。

【図 28】

図3に示す基板処理装置における処理フロー図である。

【図29】

本発明の他の実施の形態のめっき装置の要部を示す概要図である。

【図30】

本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

【図31】

本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

【図32】

本発明の更に他の実施の形態におけるめっき装置の要部を示す概要図である。

【符号の説明】

- 3 微孔（微細凹部）
- 4 配線溝（微細凹部）
- 6 シード層
- 7 銅層
- 8 配線
- 9 保護膜
- 10 搬送ボックス
- 12 装置フレーム
- 14 ロード・アンロードステーション
- 16 搬送ロボット
- 18 めっき装置
- 20 洗浄・乾燥装置
- 22 ベベルエッチング・裏面洗浄装置
- 24 膜厚測定器
- 26 熱処理装置
- 28 前処理装置
- 30 無電解めっき装置
- 32 研磨装置
- 58 基板ホルダ

60 処理ヘッド
100 処理槽
102 蓋体
112 ノズル板
112a 噴射ノズル
124 ノズル板
124a 噴射ノズル
200 めっき槽
202 洗浄槽
204 基板ヘッド
230ハウジング部
232 ヘッド部
234 吸着ヘッド
268 噴射ノズル
270 めっき槽カバー
280 噴射ノズル
282 ノズル板
286 ヘッド洗浄ノズル
320 熱交換器
322 加熱装置
324 攪拌ポンプ
422 基板ステージ
500 揺動アーム
502 電極ヘッド
504 基板ステージ
506 カソード部
512 カソード電極
514 シール材
520 回転ハウジング

5 2 2 上下動ハウジング
5 2 4 回転体
5 2 6 アノード
5 2 8 多孔質体
5 3 0 アノード室
5 3 2 めっき液含浸材
5 3 4 多孔質パッド
5 3 4 b 上層パッド
5 3 4 a 下層パッド
5 4 0, 5 4 2, 5 4 6 エアバック (押圧離間機構)
5 5 0, 5 5 2, 5 5 4 加圧流体導入管
5 5 6 めっき液導入管
5 5 8 加圧流体導入管
5 6 0 めっき電源
5 6 2 給電ポート
5 6 4 バッキングフィルム
5 8 0 駆動体 (押圧離間機構)
5 8 2 支持体
5 8 4 ボールベアリング
5 8 8 ストップピン
6 0 0 めっき液トレイ
6 0 4 リザーバ
6 0 8 めっき液調整タンク
6 1 0 温度コントローラ
6 1 2 めっき液分析ユニット
8 2 0 研磨布
8 2 2 研磨テーブル
8 2 4 トップリング
8 2 6 砥液ノズル

9 2 2 基板ステージ

9 2 4 センタノズル

9 2 6 エッジノズル

9 2 8 バックノズル

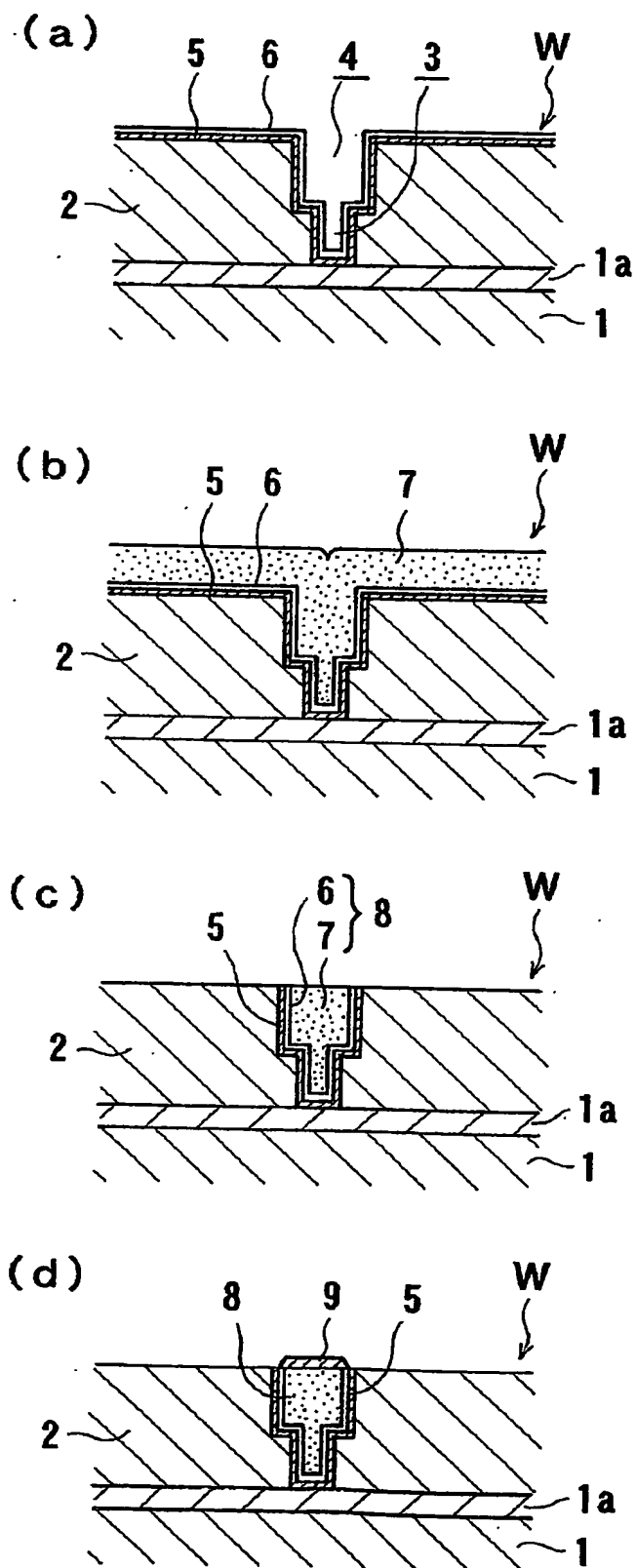
1 0 0 2 チャンバ

1 0 0 4 ホットプレート

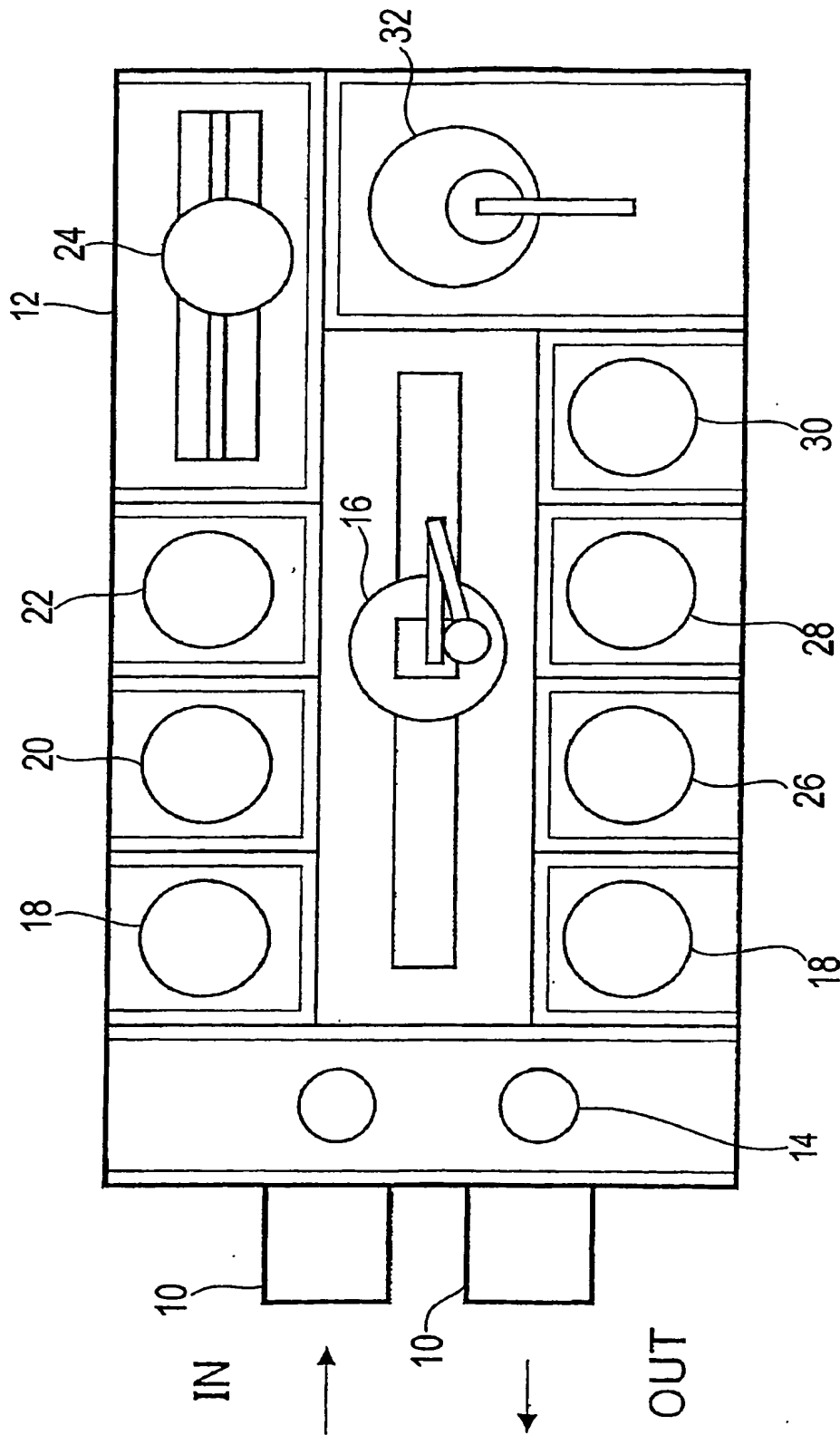
1 0 0 6 クールプレート

【書類名】 図面

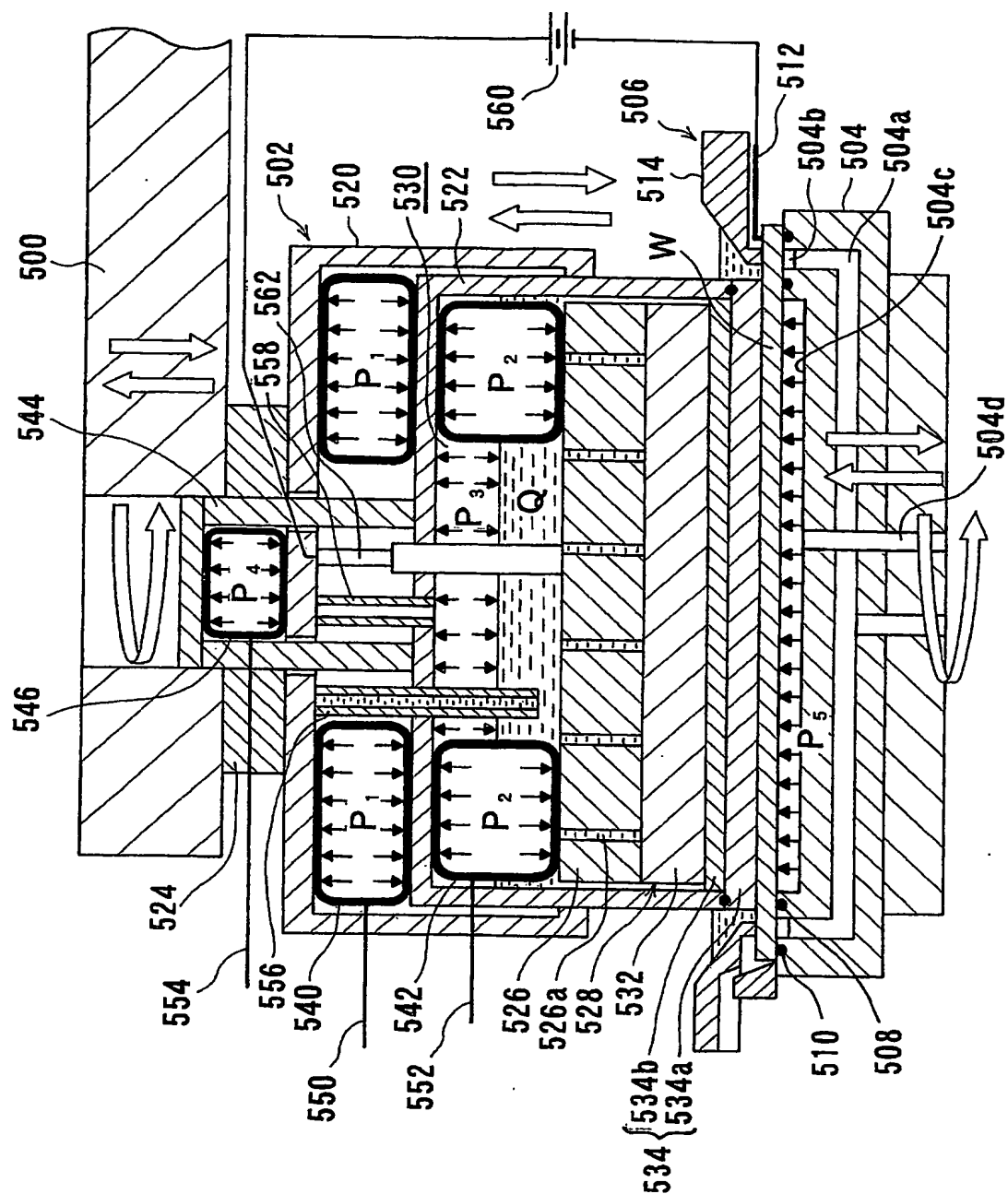
【図 1】



【図 2】



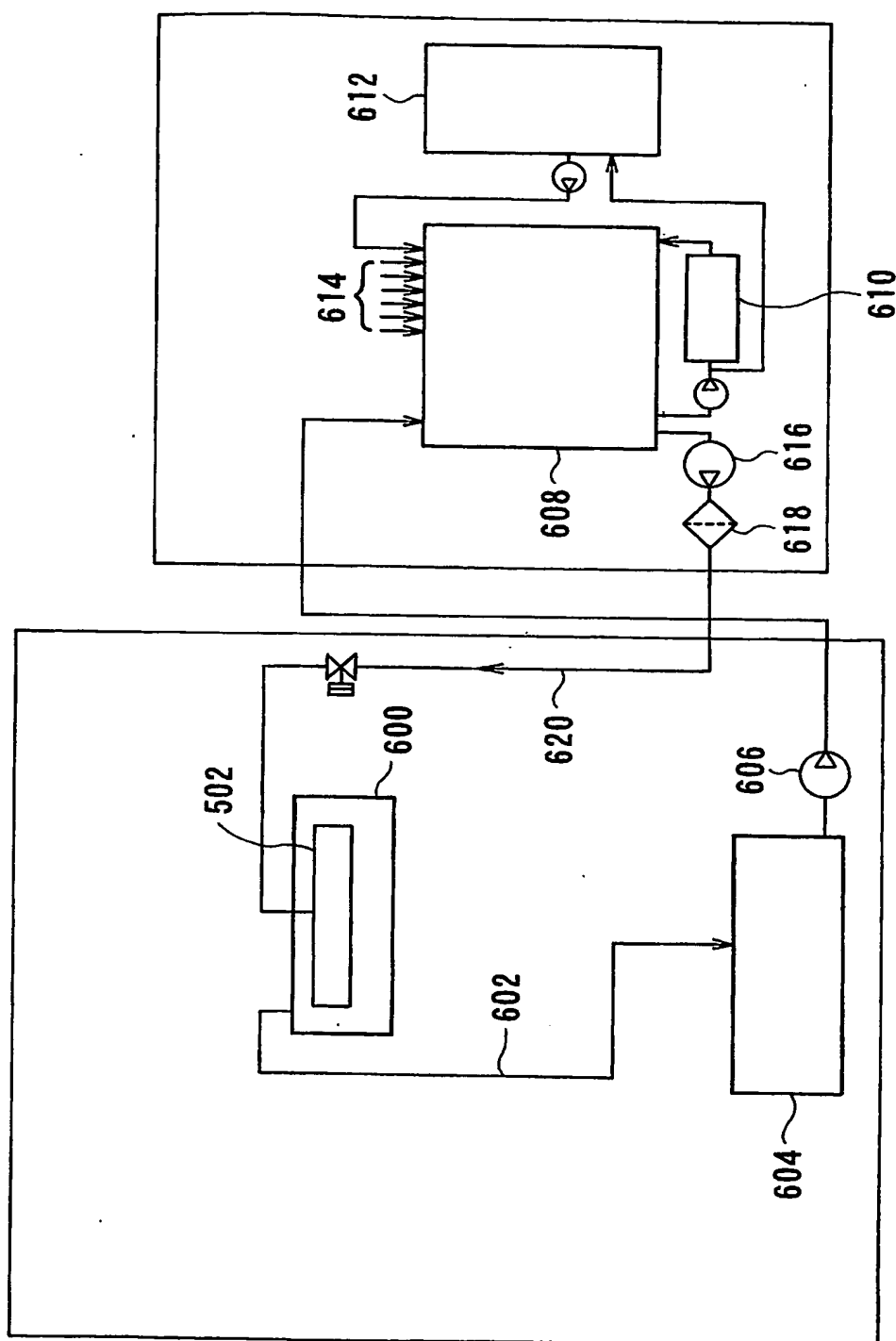
【図3】



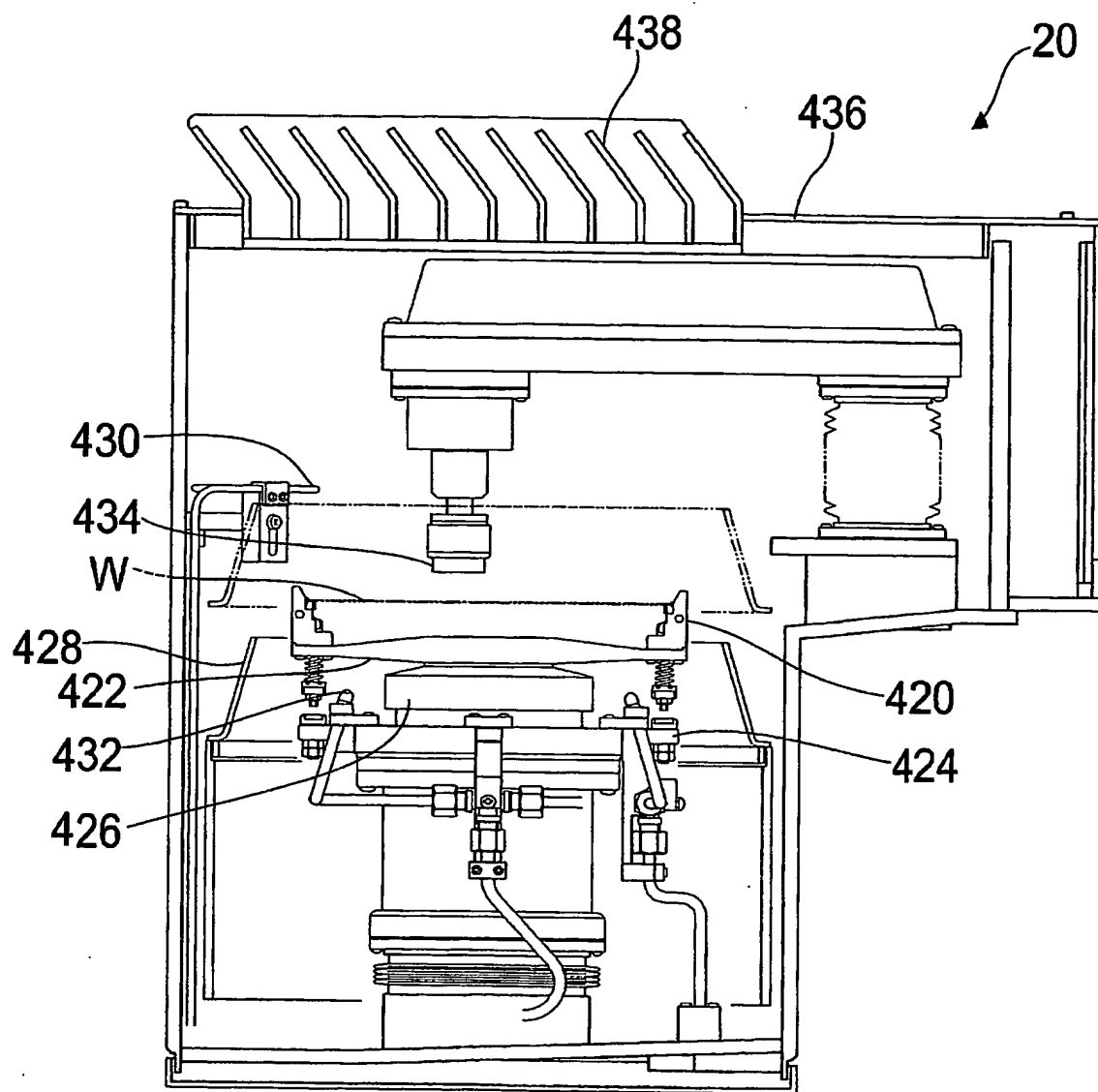
【図 4】

	待選位置										
	アーム θ 軸	アーム Z 軸	めっき 電源	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	ヘッド 回転	ステージ 回転	アイド リング
待選位置	プロセス位置	待選位置	待選位置	ON	OFF	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
アーム Z 軸	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
めっき 電源	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
P ₁	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
P ₂	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
P ₃	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
P ₄	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
P ₅	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
ヘッド 回転	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)
ステージ 回転	待選位置	待選位置	待選位置	加圧	加圧	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)	加圧	加圧 (Free)

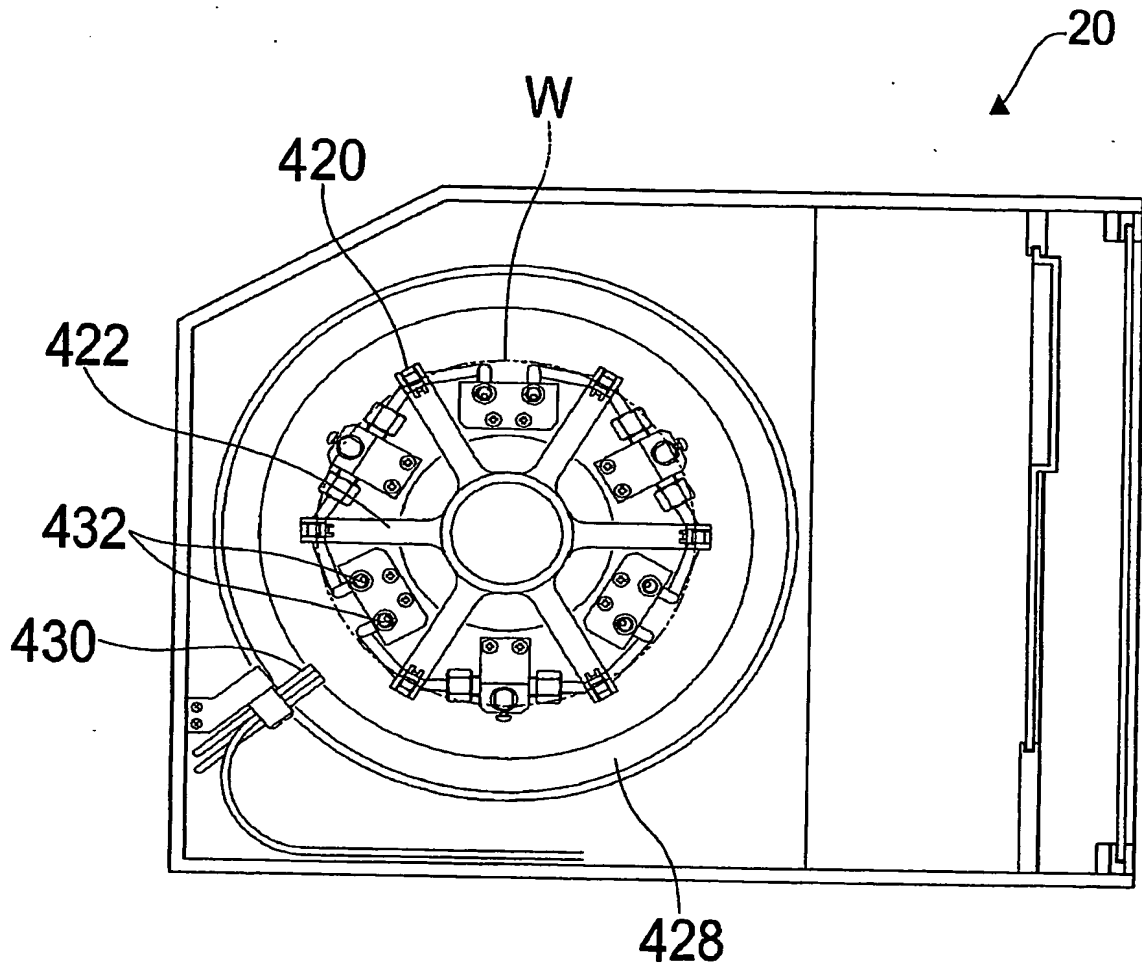
【図5】



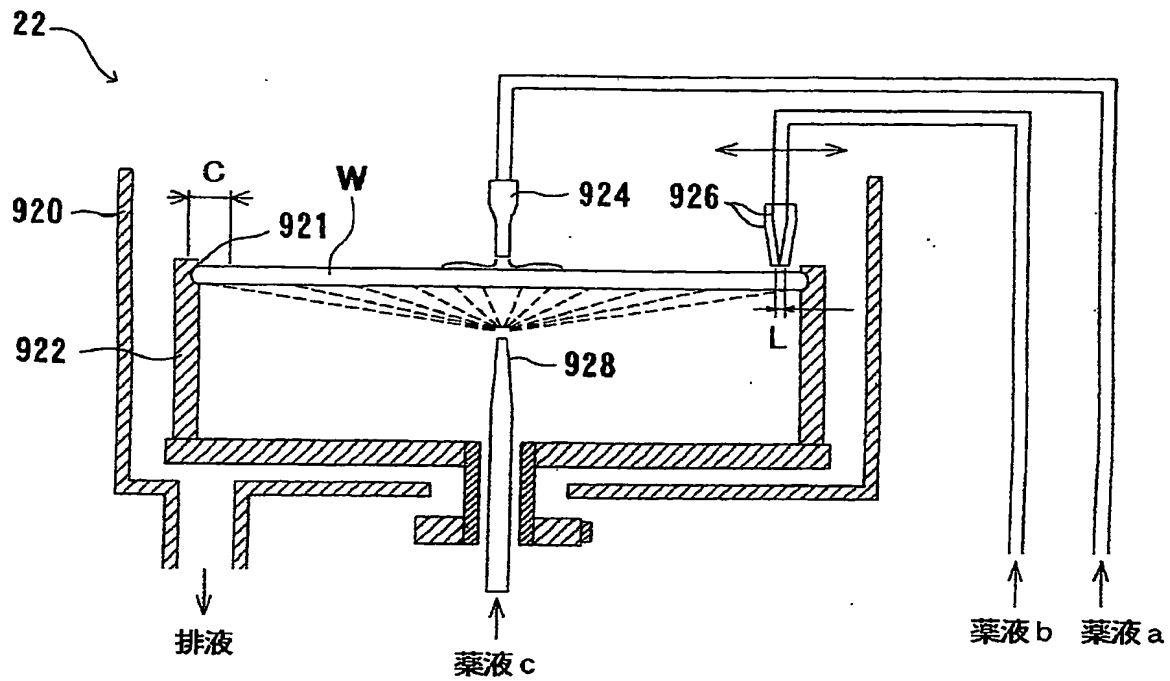
【図 6】



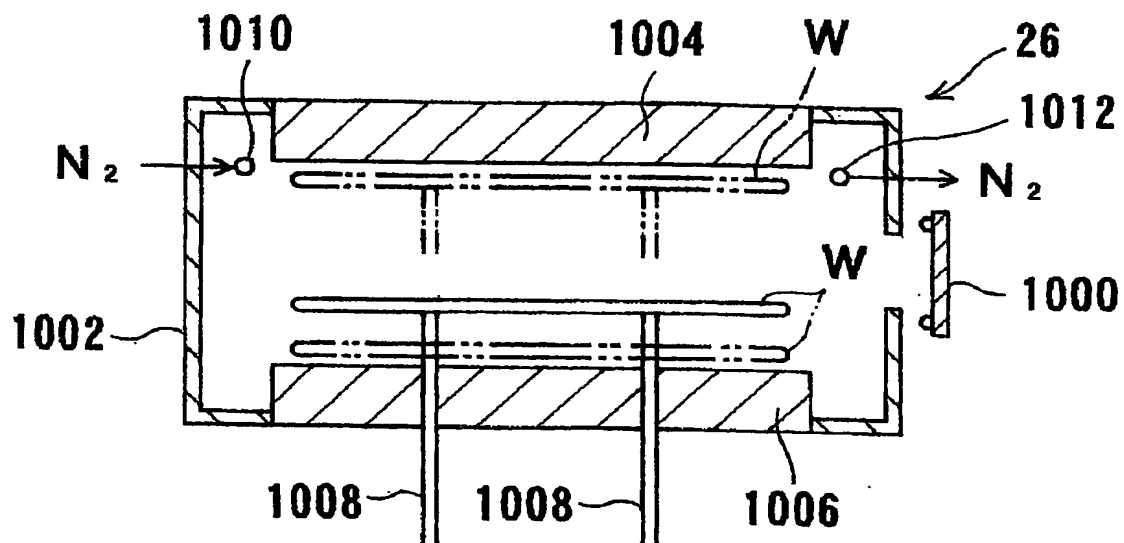
【図 7】



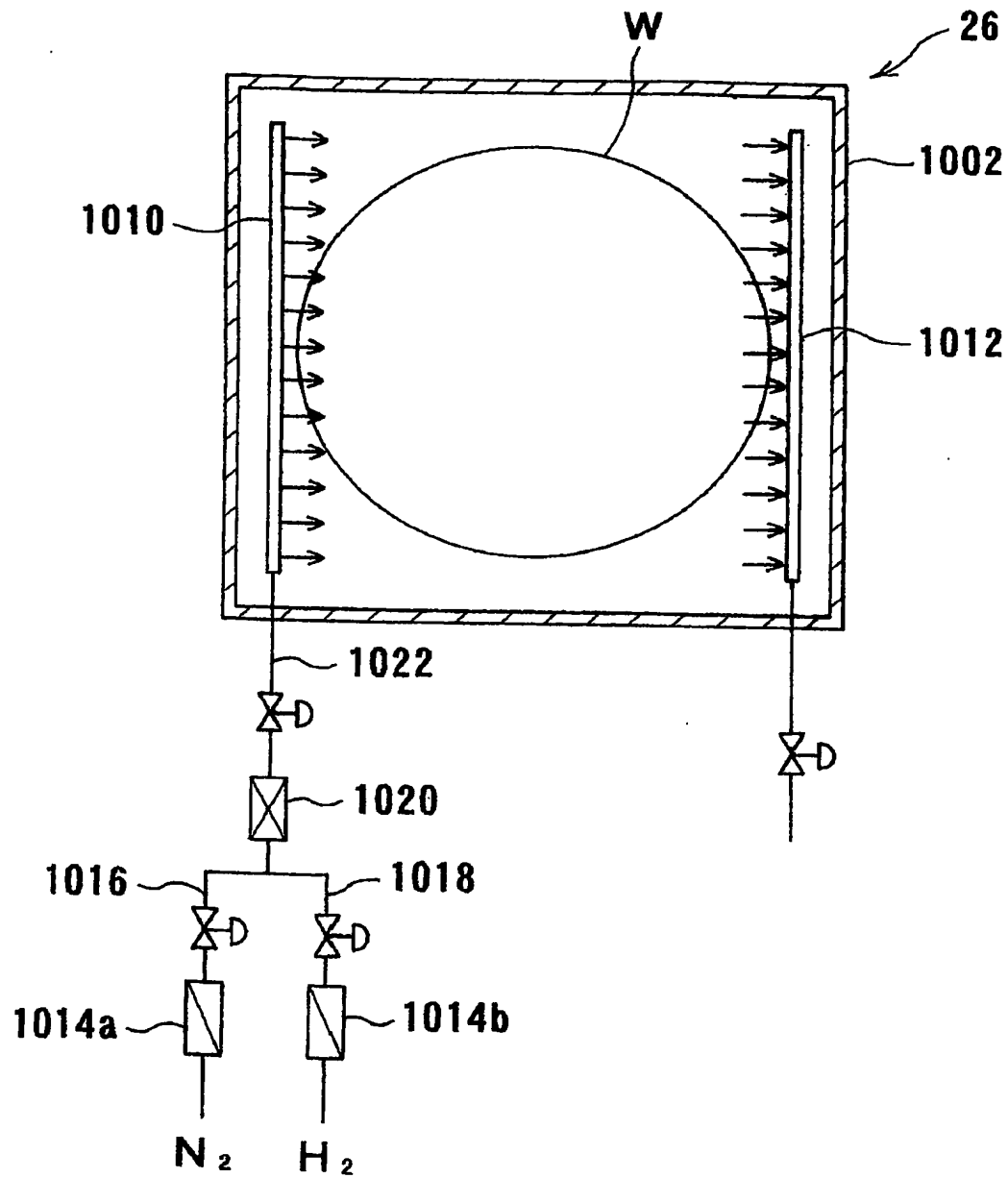
【図 8】



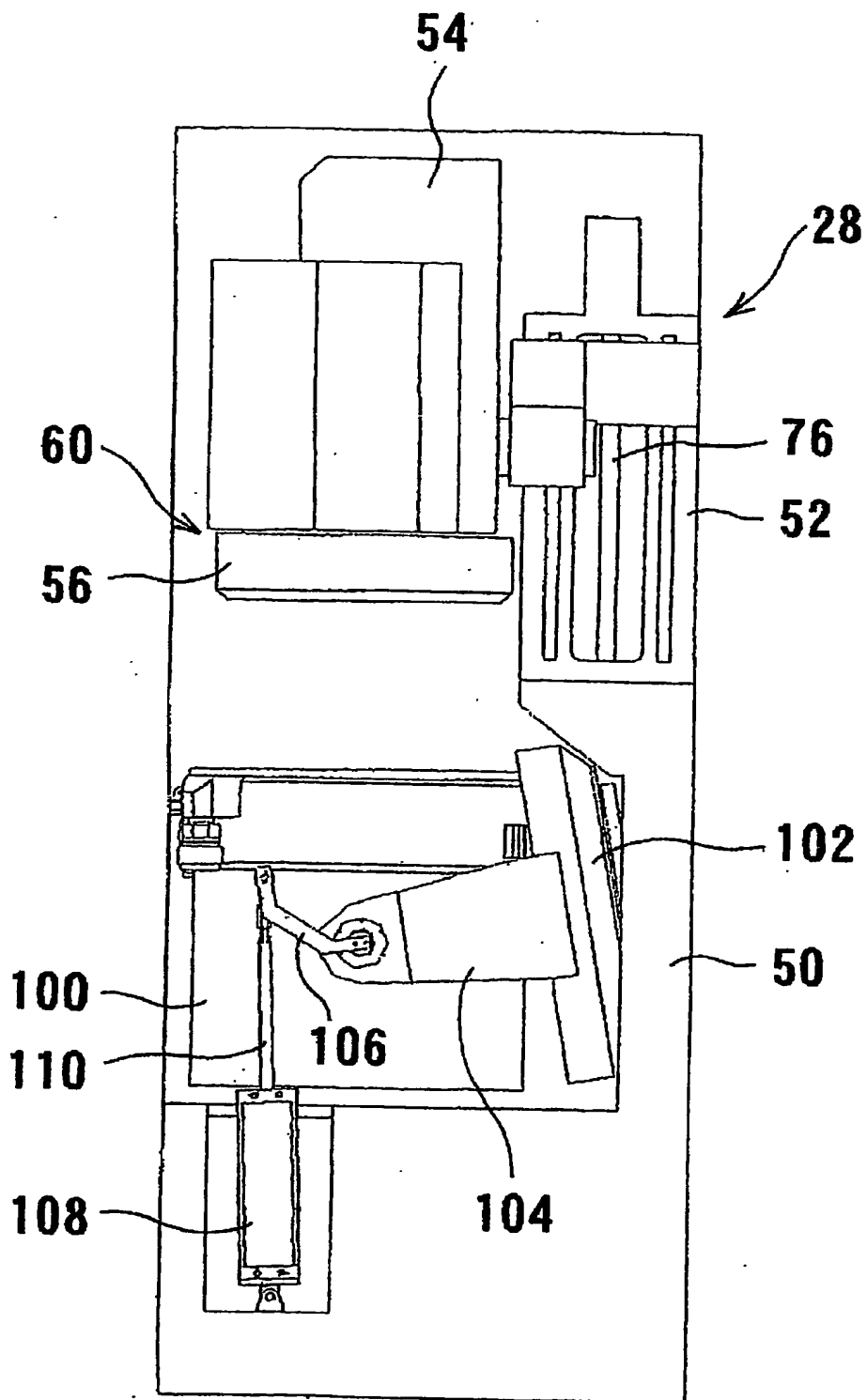
【図 9】



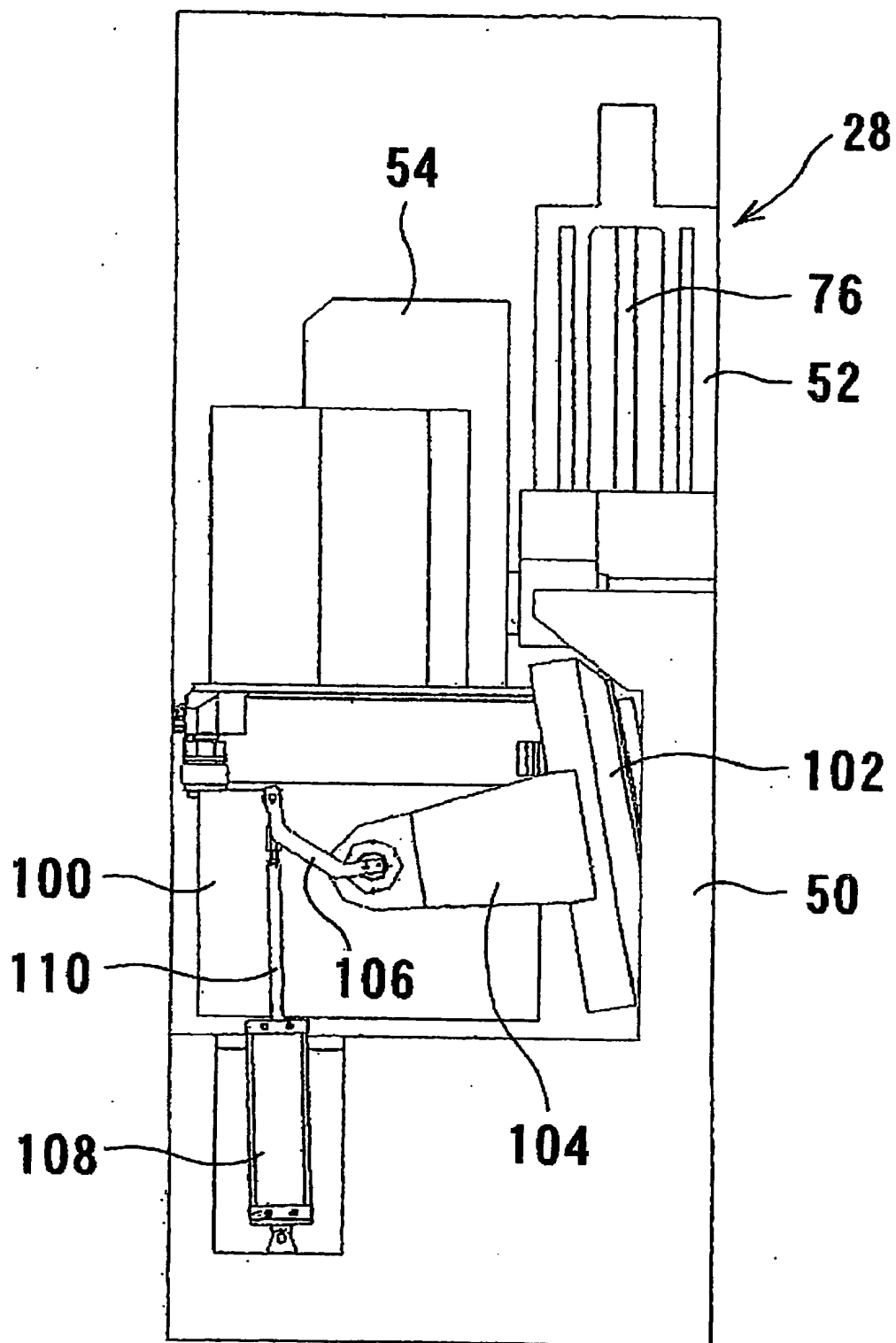
【図 10】



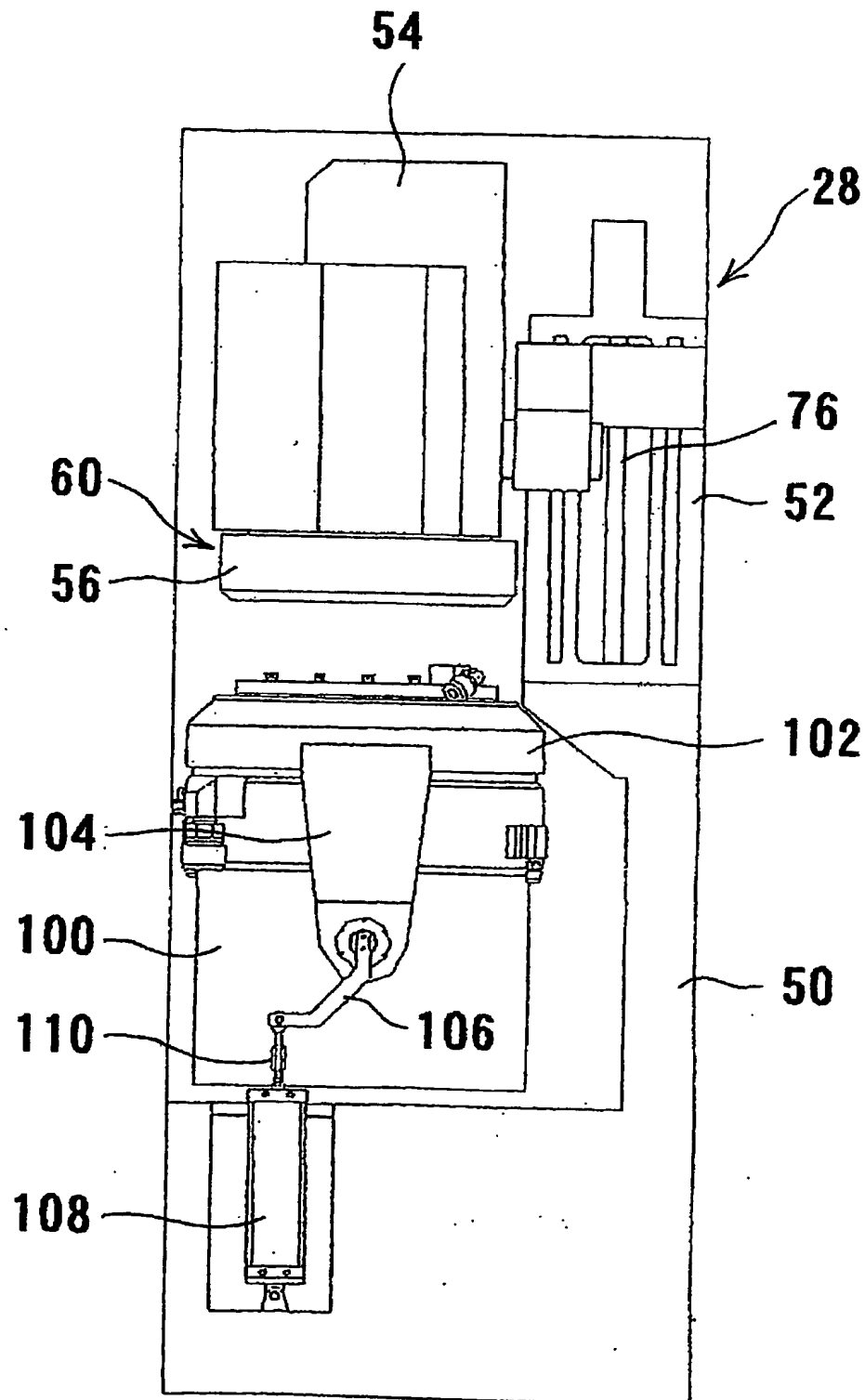
【図 11】



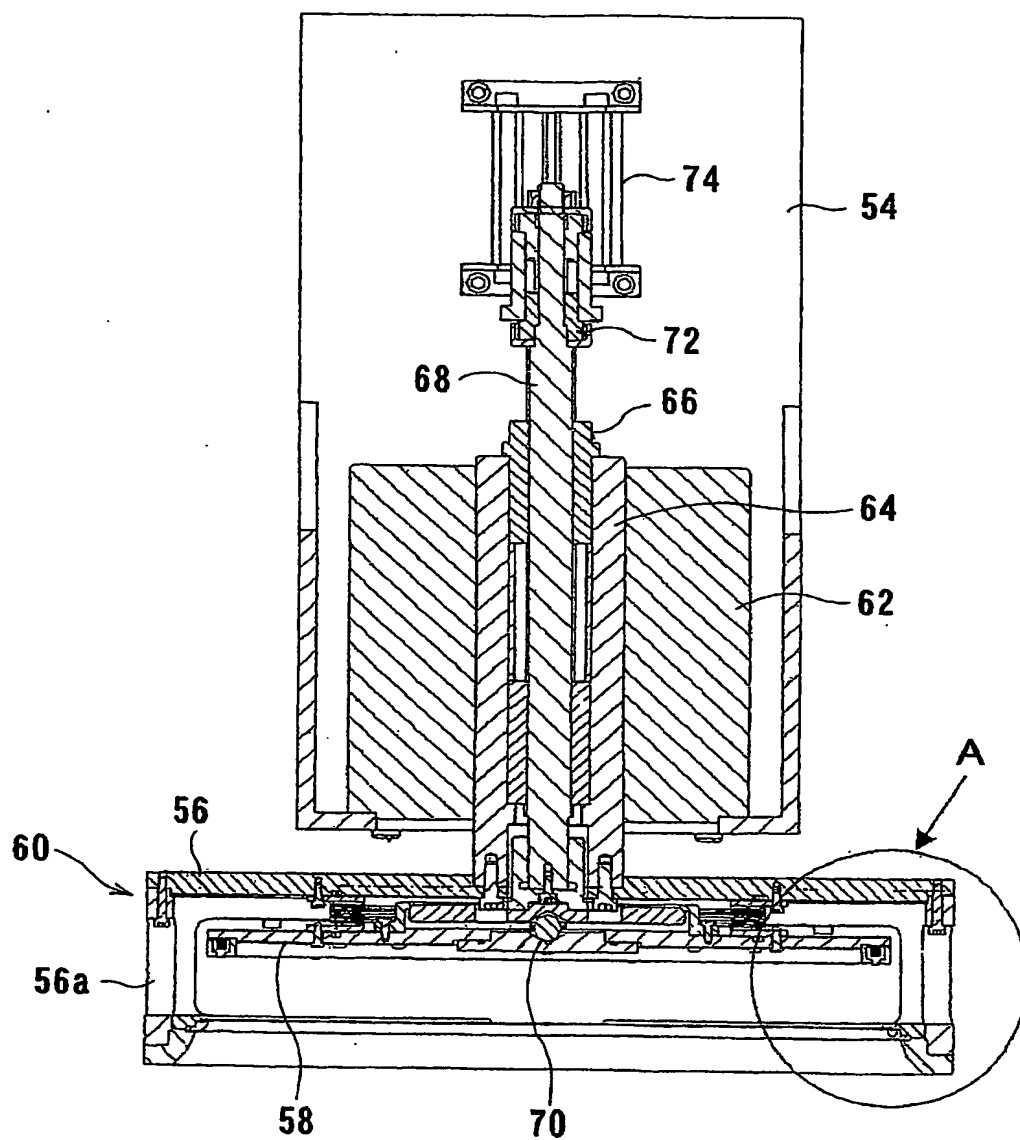
【図 12】



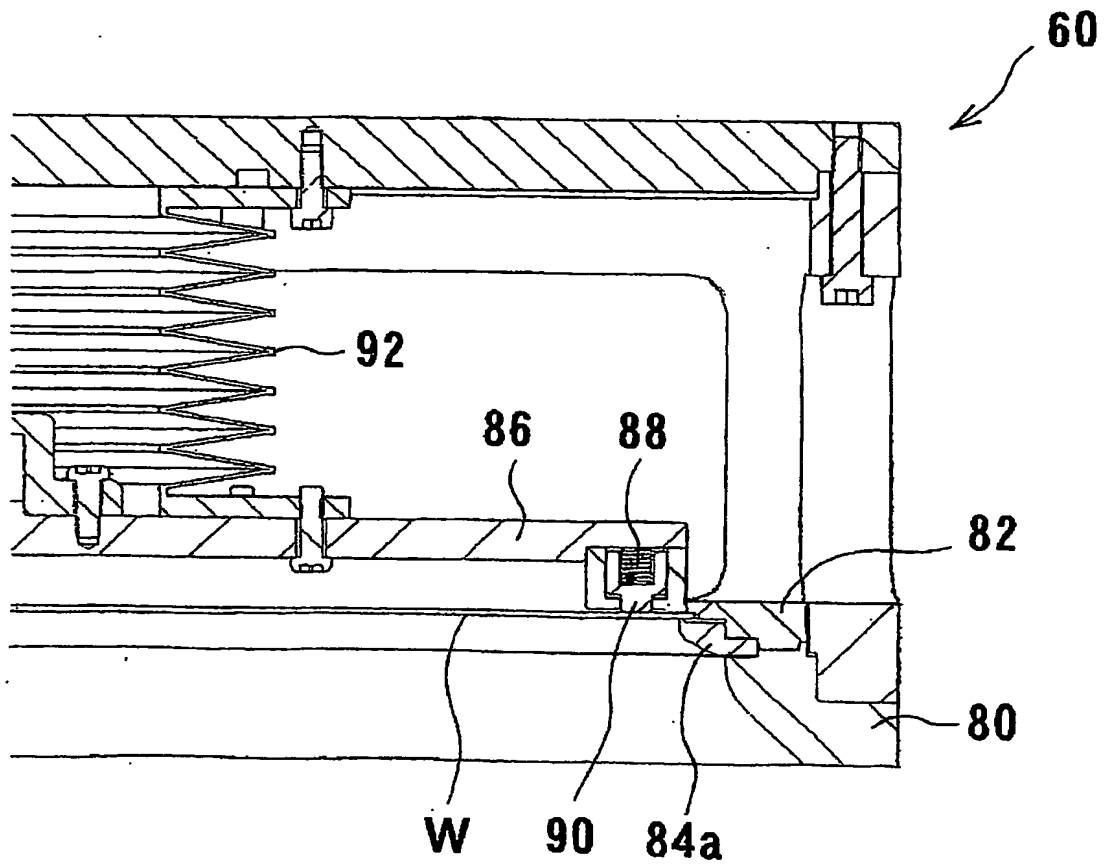
【図 13】



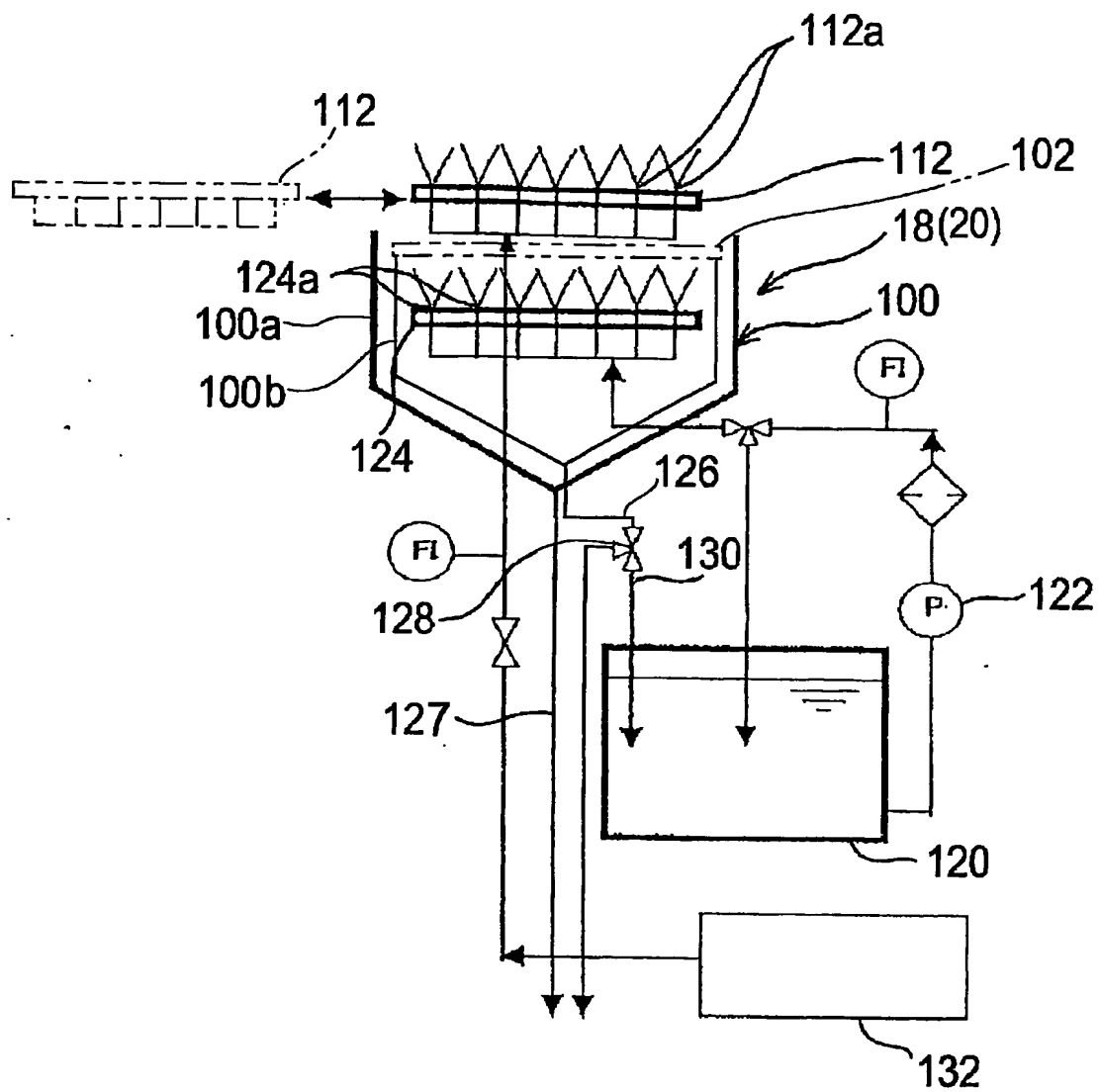
【図 14】



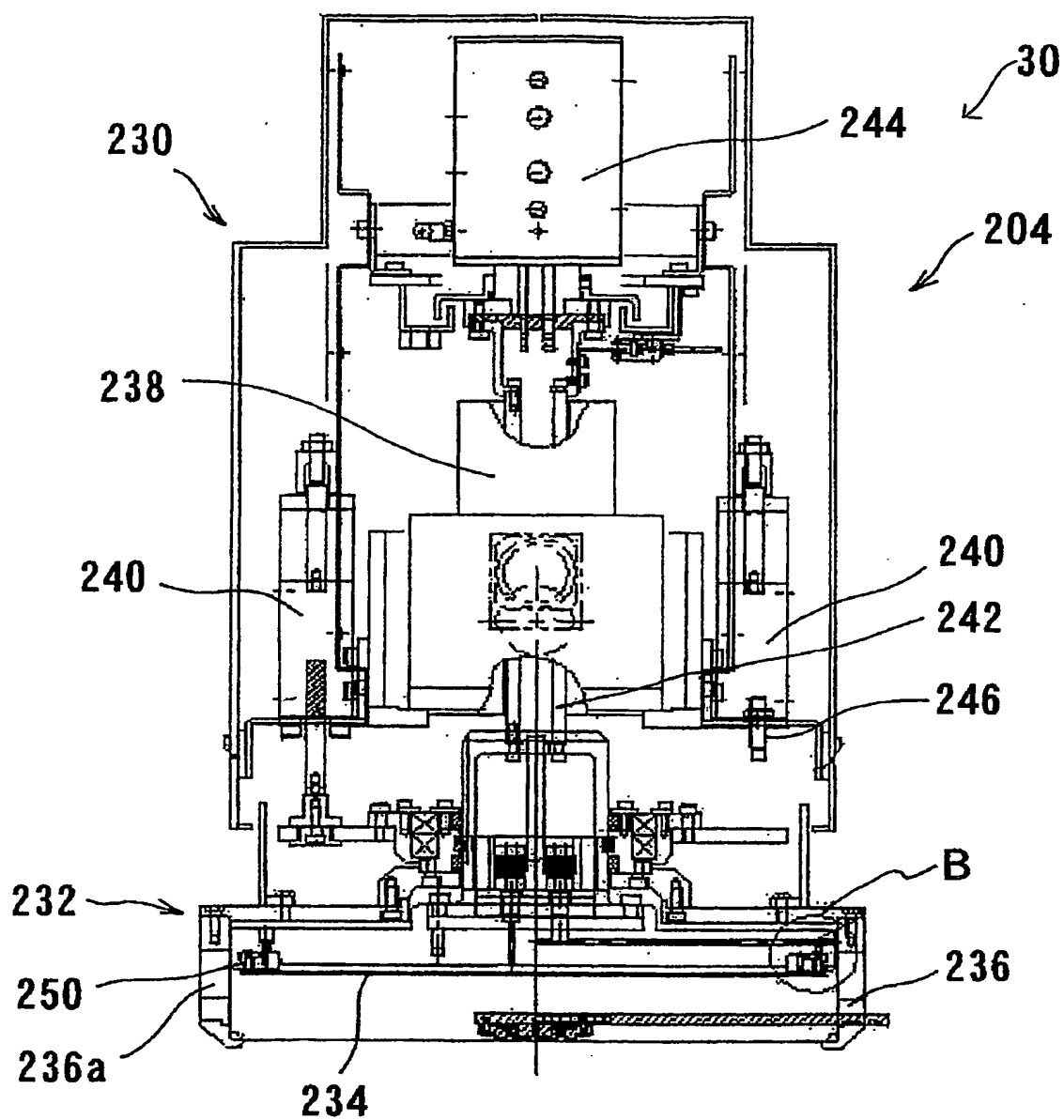
【図 16】



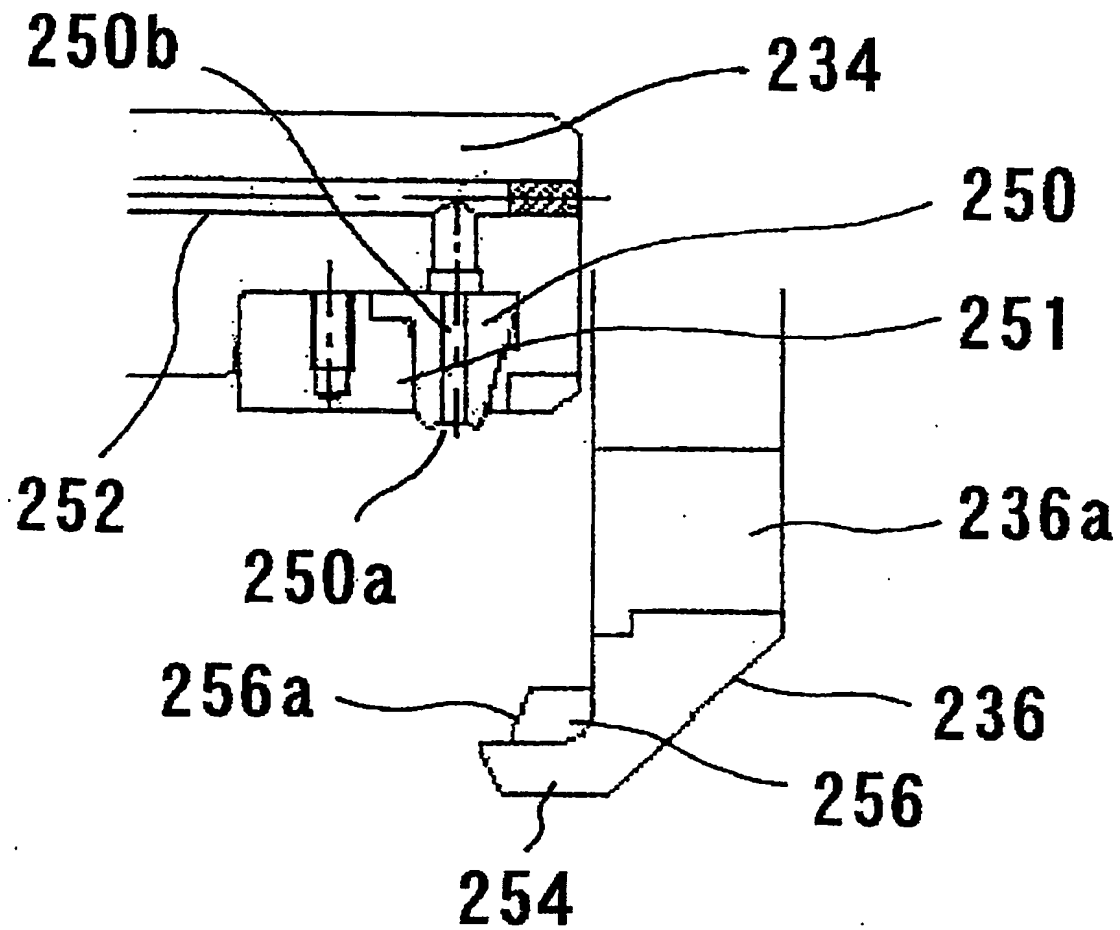
【図 17】



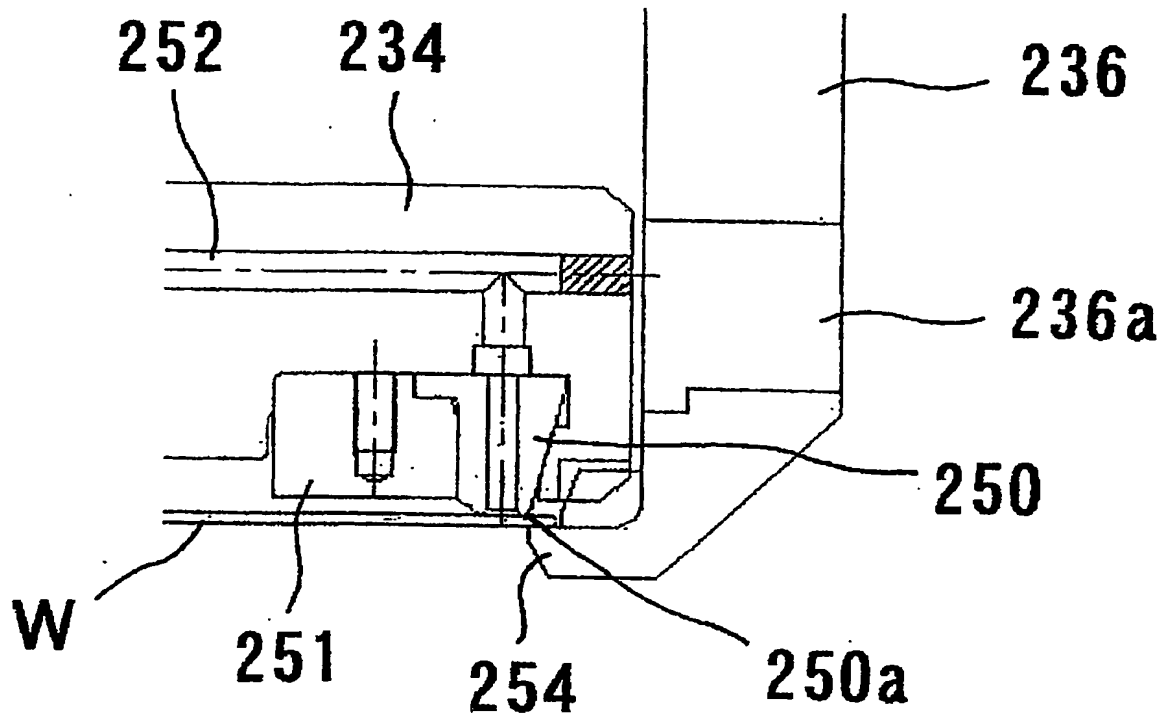
【図 18】



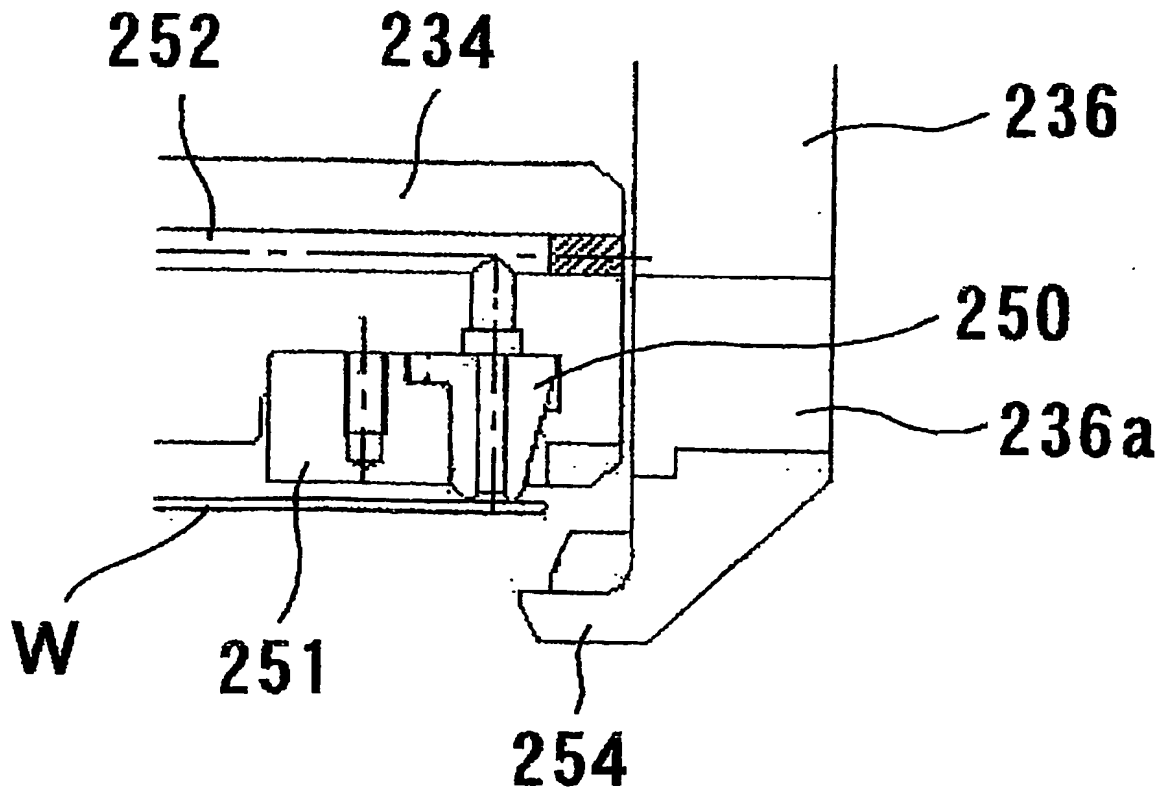
【図 19】



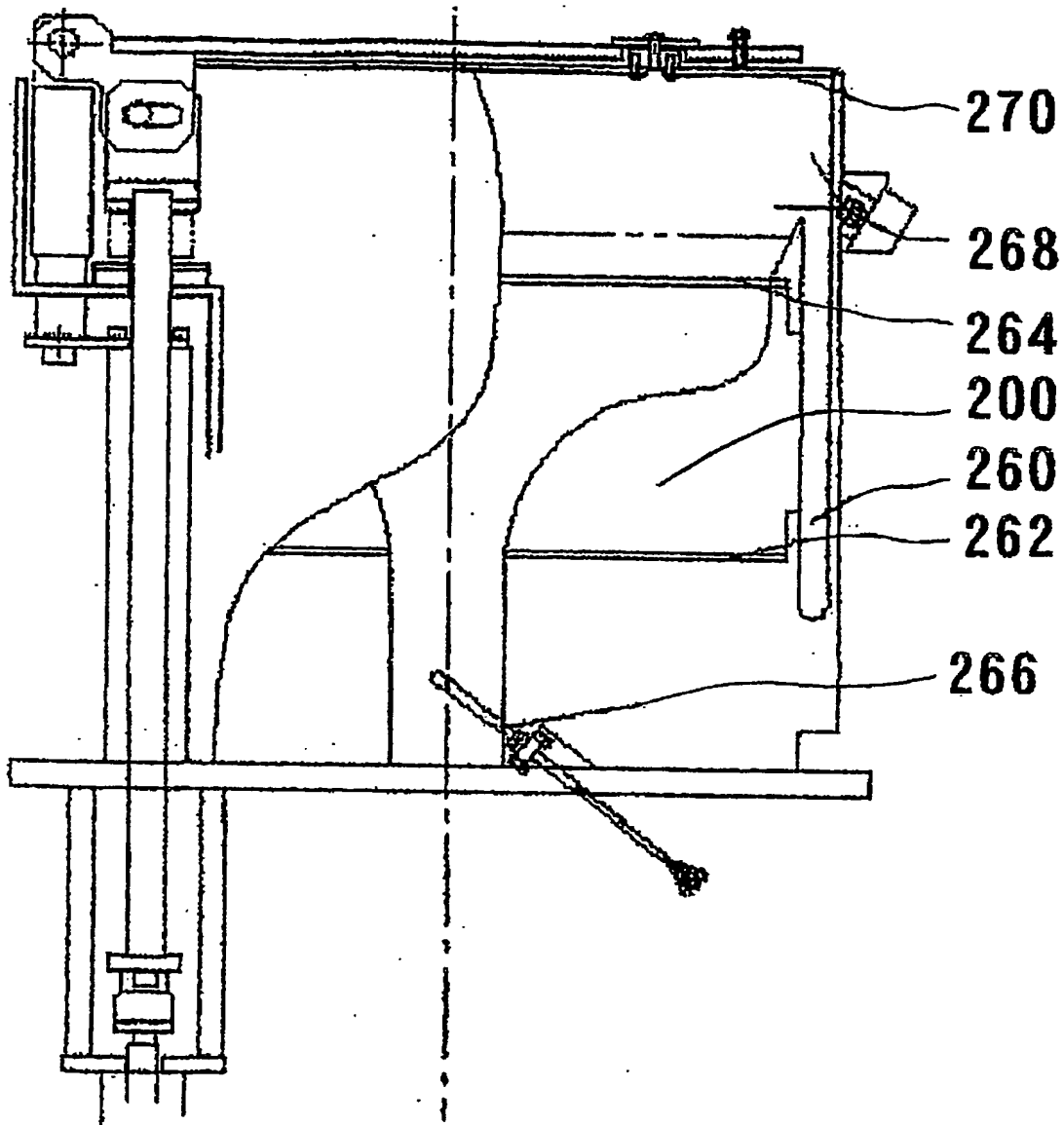
【図 20】



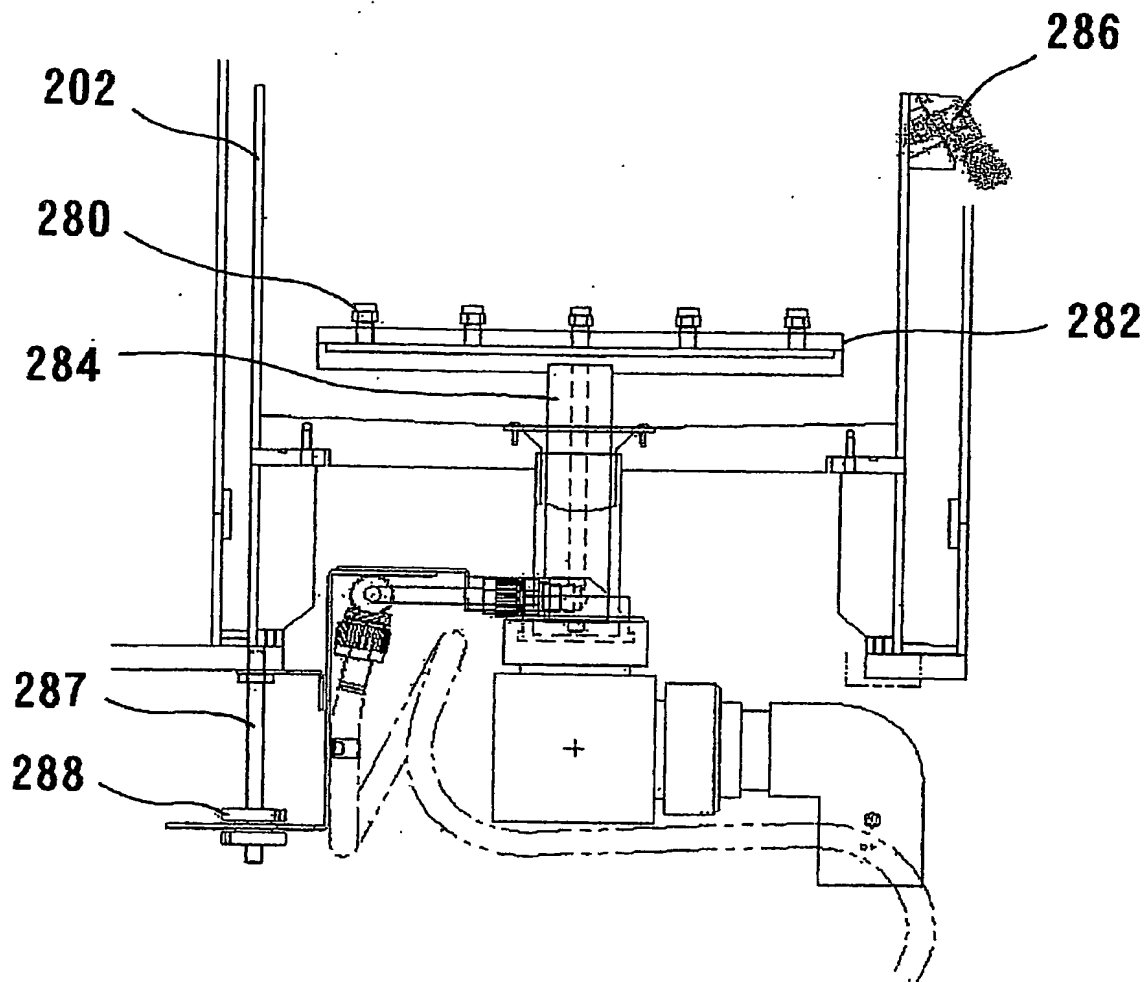
【図 21】



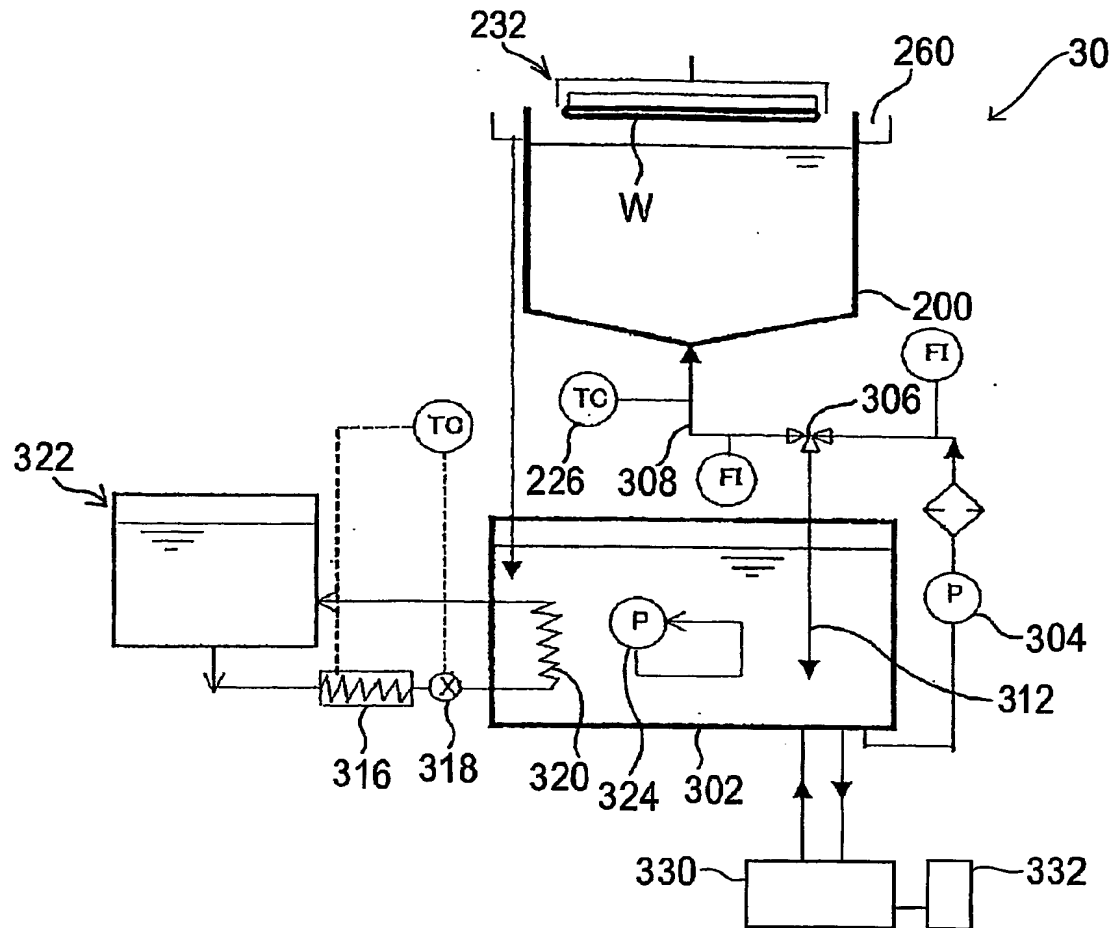
【図 22】



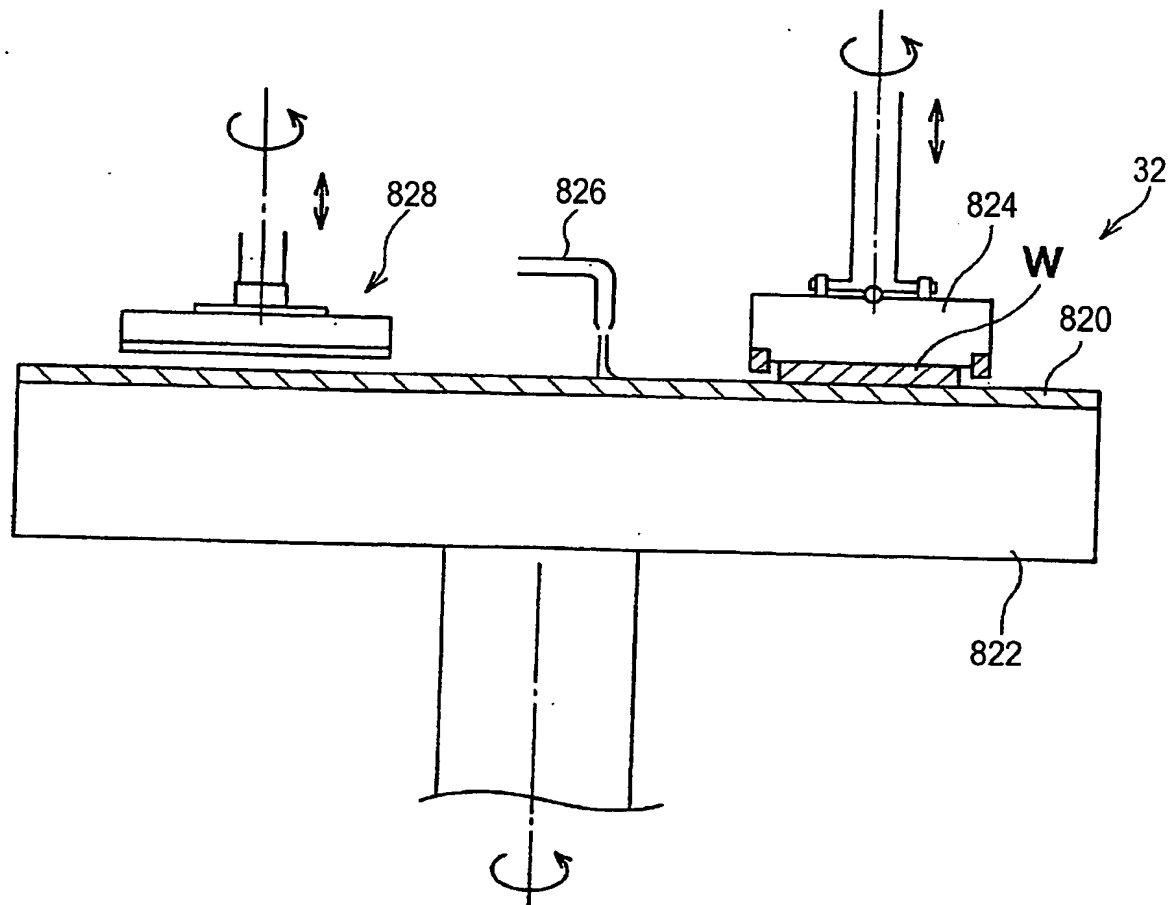
【図23】



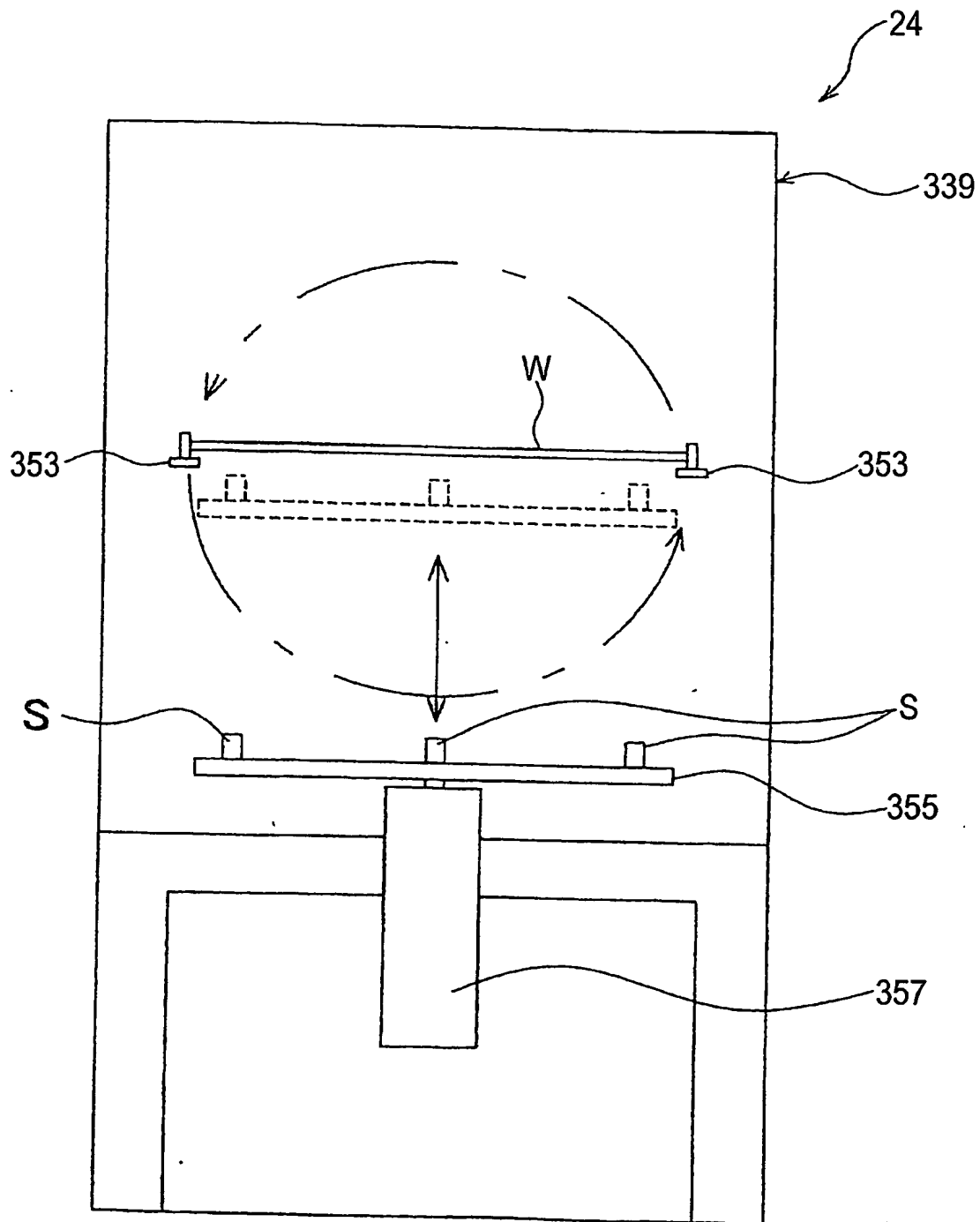
【図 24】



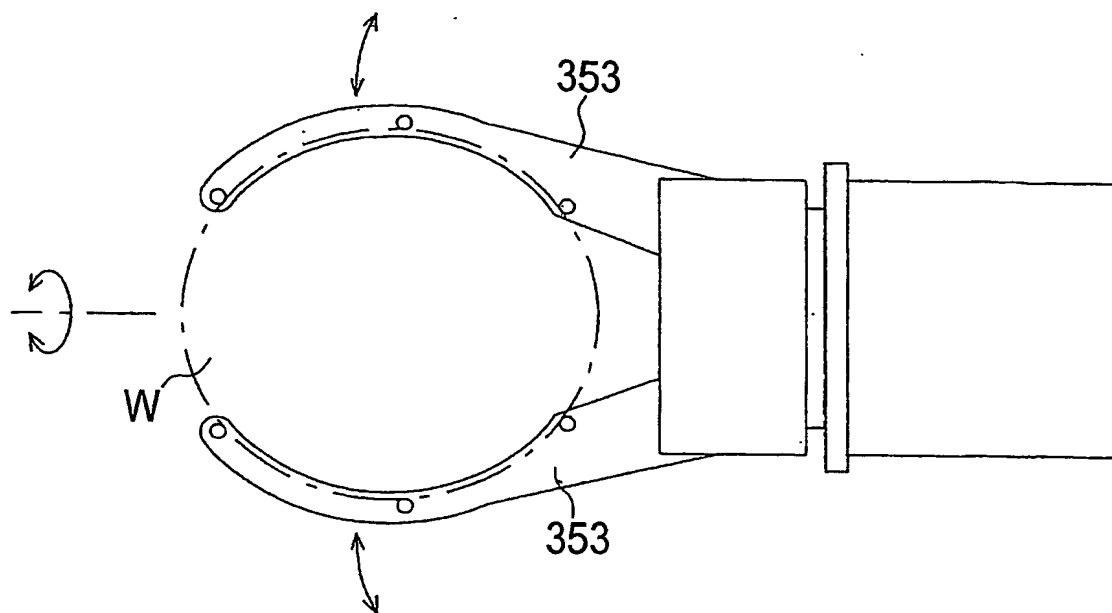
【図 25】



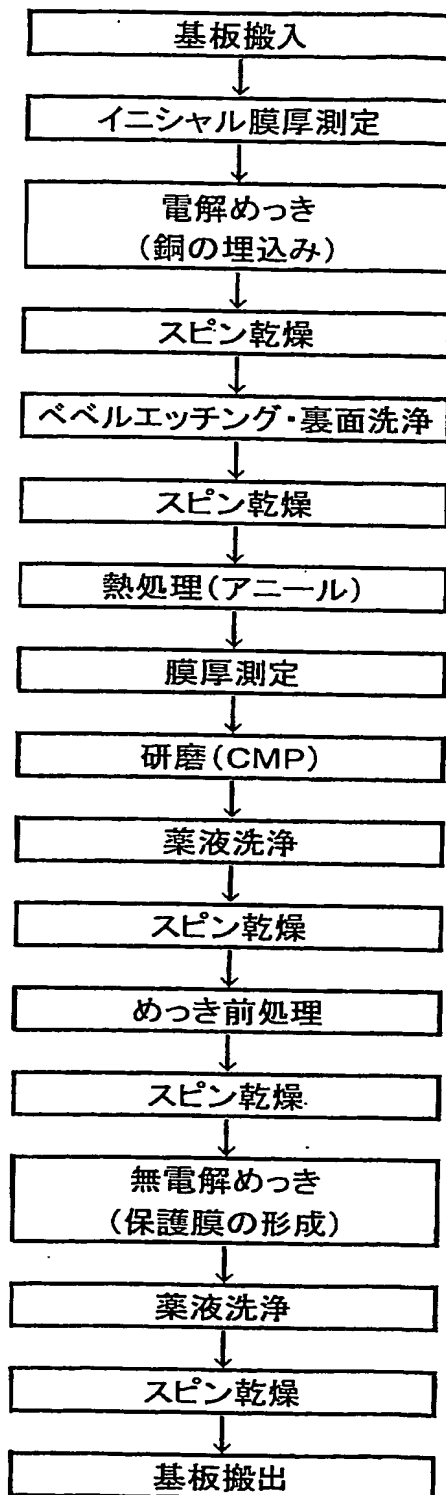
【図 26】



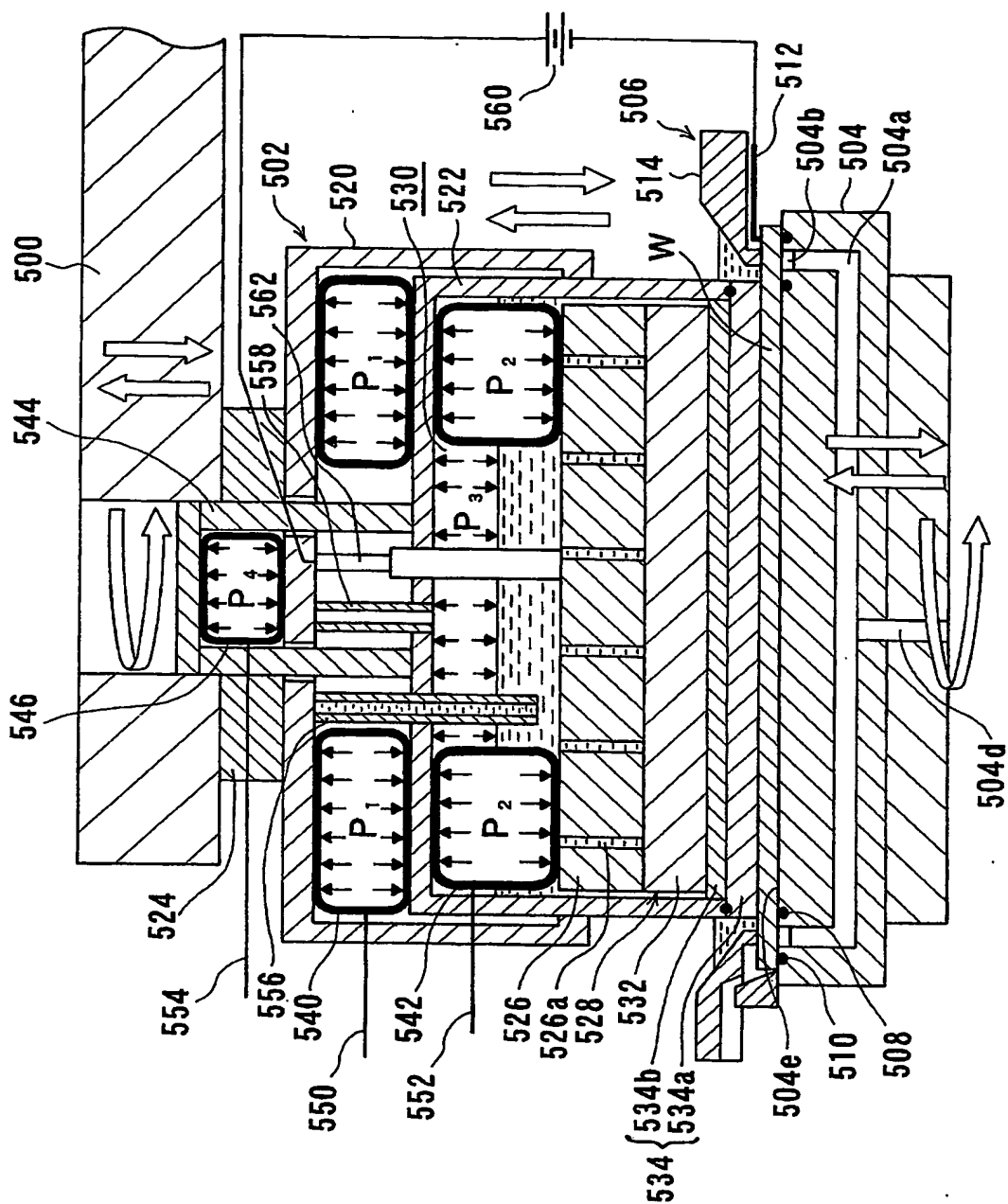
【図 27】



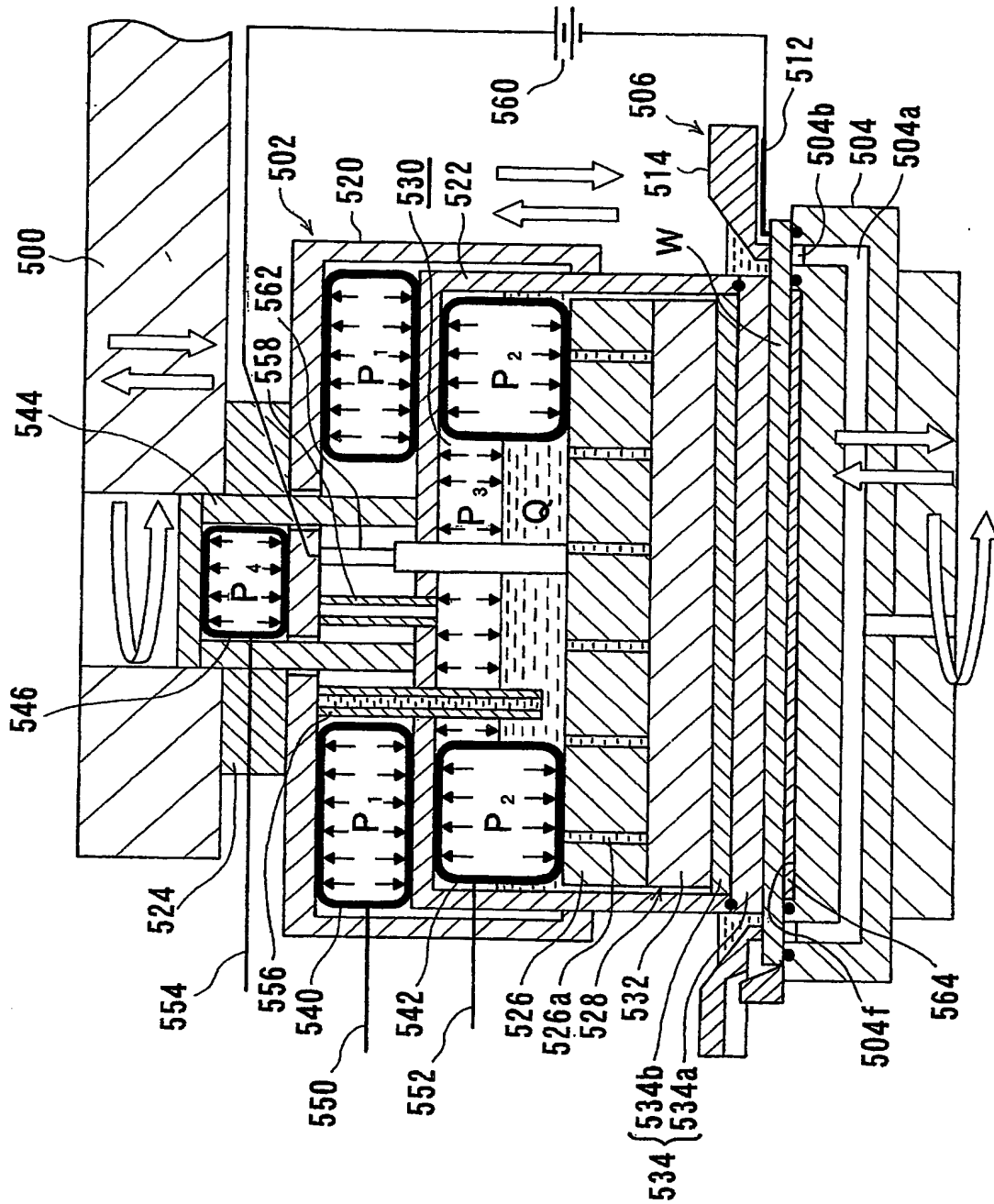
【図 28】



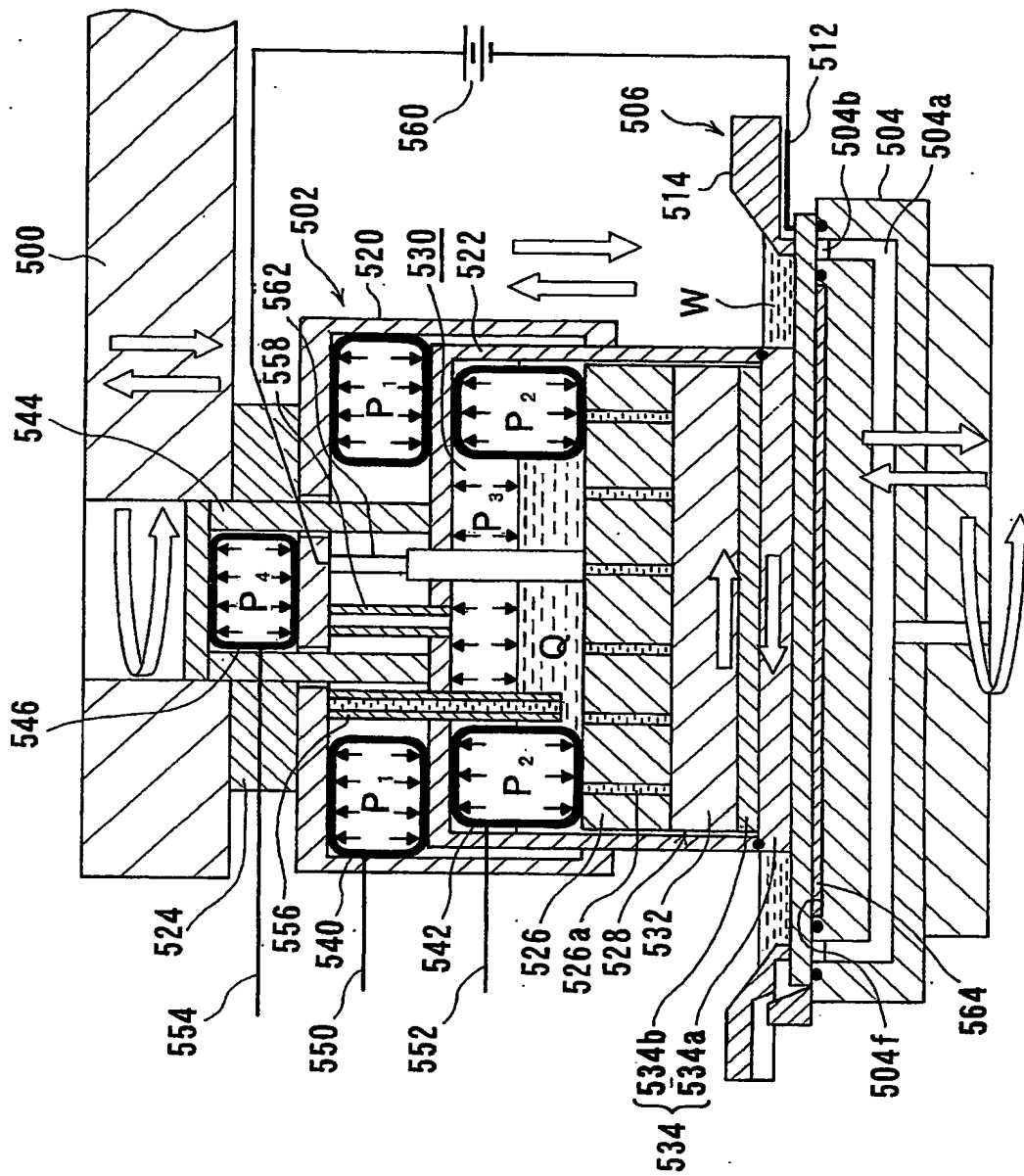
【図 29】



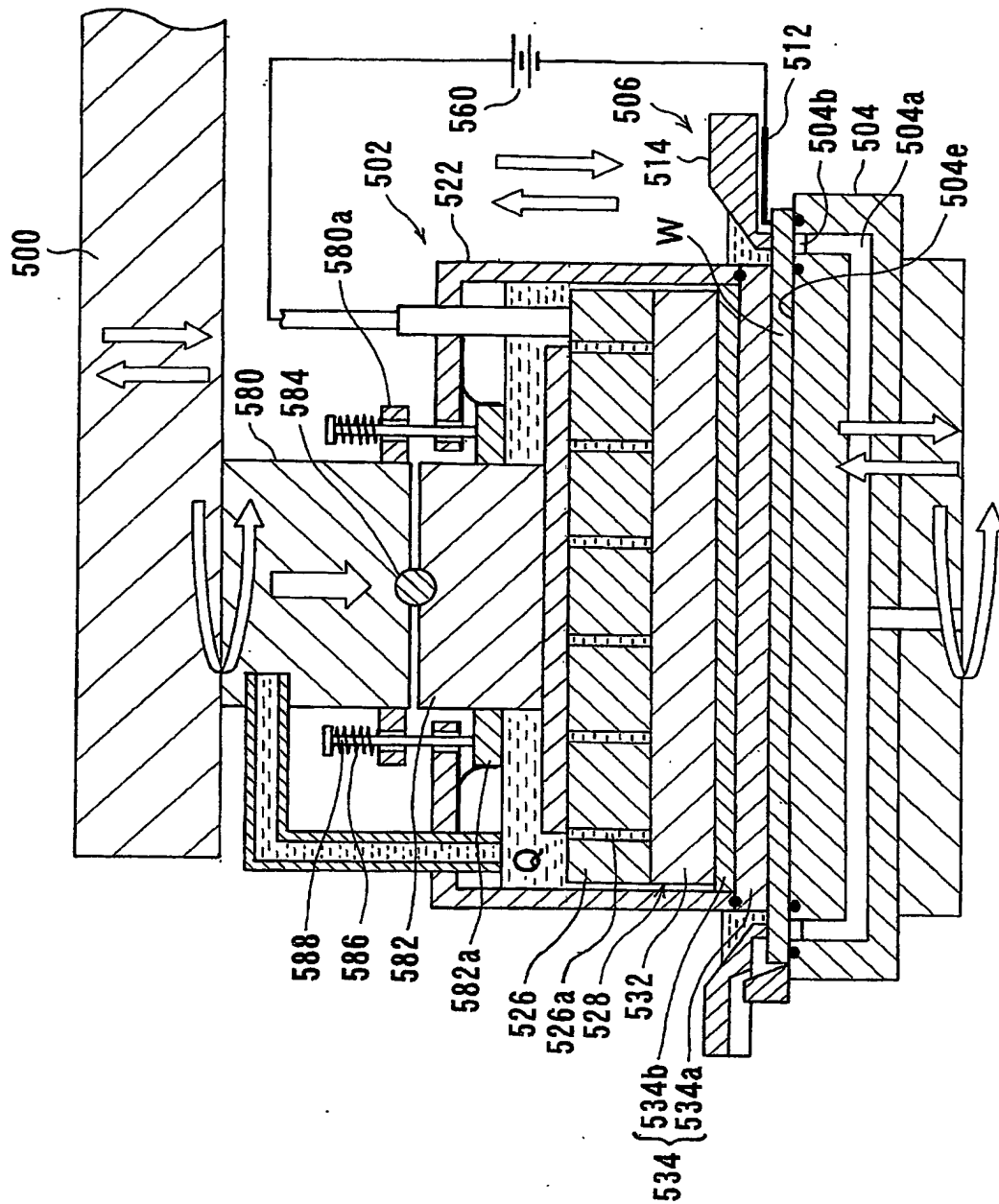
【図 30】



【図 31】



【図 32】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 回路形状の配線溝や微孔等の配線用の微細凹部の内部に選択的に銅層等の金属めっき膜を析出させることができるようにする。

【解決手段】 基板Wを保持する基板ステージ504と、基板ステージで保持した基板の被めっき面の周縁部に当接して該周縁部をシールするシール材514と、該基板と接触して通電させるカソード電極512とを備えたカソード部506と、カソード部の上方に上下動自在に配置され、アノード526と保水性を有する多孔質体528とを上下に備えた電極ヘッド502と、アノードと基板ステージで保持した基板の被めっき面との間にめっき液を注入するめっき注入手段556と、多孔質体を基板ステージで保持した基板Wの被めっき面に任意の圧力で押圧し該被めっき面から離間させる押圧離間機構540, 542, 546と、カソード電極とアノードとの間にめっき電圧を印加する電源560とを有する。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 3 - 1 4 9 8 2 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更新月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所